



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
TECNOLOGICAS
CURSO DE AGRONOMIA

ANDRE HERMAN FREIRE BEZERRA

SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA

MOSSORÓ – RN
2009

ANDRE HERMAN FREIRE BEZERRA

SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. D. Sc. Sérgio Luiz Aguilár Levien – UFERSA

MOSSORÓ – RN
2009

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFRSA**

B574s Bezerra, André Herman Freire.

Software de simulação do coeficiente de cultura. / André
Herman Freire Bezerra. -- Mossoró: 2009.

59f.: il.

Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade
Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Ensino e
Graduação.

Orientador: Prof. D. Sc. Sérgio Luiz Aguilár Levien

1.Evapotranspiração de referência. 2. Evapotranspiração
da cultura. 3.Manejo da irrigação. I.Título.

CDD:627.52

Bibliotecária: Marilene Santos de Araújo
CRB-5/1033

ANDRE HERMAN FREIRE BEZERRA

SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 03/12/2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Sérgio Luiz Aguilar Levien – UFERSA
Presidente

Prof. D. Sc. Vladimir Batista Figueirêdo – UFERSA
Primeiro Membro

Prof. D. Sc. José Espínola Sobrinho – UFERSA
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho, Lucas, por ser a principal motivação de meus anseios de vida.

À minha família, pelo apoio dado em todos os momentos difíceis.

À minha turma, pela amizade, companheirismo e apoio durante a jornada.

Aos meus professores, por terem se esforçado em transmitir seus conhecimentos,

Ao meu orientador, Sérgio, por ter me ensinado não somente o necessário na vida profissional e acadêmica, mas também o essencial para o crescimento pessoal e de caráter.

RESUMO

A agricultura irrigada da Região Nordeste do Brasil necessita utilizar estratégias de uso e de manejo racional da água de irrigação, não só para baixar os custos de produção, mas também para preservar este bem escasso no semi-árido. As necessidades hídricas das culturas são bastante variáveis e dependem, principalmente, das condições climáticas. A necessidade de água das culturas se expressa normalmente pela taxa de evapotranspiração e que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica no solo, do estado sanitário e nutricional da cultura, dentre outros fatores. Dessa forma, foi desenvolvida uma ferramenta computacional de estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c), o SEEVA – Software de Estimativa da Evapotranspiração, com o objetivo de auxiliar o irrigante na obtenção da lâmina de irrigação. O SEEVA pode estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) através de cinco métodos: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Jensen & Haise, Linacre e Priestley & Taylor. Junto com o cálculo dos coeficientes de cultivo (K_c) single e dual, oferece a ET_c diária para o irrigante. O modelo aplicado no software foi validado comparando seus resultados com os resultados da planilha apresentada em FAO56, com dados de K_c estimados por lisímetro com coeficiente de determinação de 0,9993 e 0,7492, respectivamente e comparado com valores de K_c obtidos por balanço hídrico, superestimando o K_c final em 22% e subestimando o K_c inicial e o K_c médio em 26% e 3% respectivamente. O software pode estimar com boa precisão o coeficiente de cultura.

Palavras-chave: Evapotranspiração de referência. Evapotranspiração da cultura. Manejo da irrigação.

ABSTRACT

The Brazilian's Northeast irrigated agricultural need to use strategies of rational water management, not only to get low the production's cost, but to preserve this resource in the semi-arid region. The crop water requirement is quite variable and it depends, mainly, on weather conditions. The crop hidrical needs is expressed by evapotranspiration rates that depends on meteorological conditions, soil water availability, crop health and nutritional state, among others. This way, an estimate crop evapotranspiration (ET_c) computational tool has been developed, named SEEVA, to help farmers to obtain a proper water depth. SEEVA can estimate the reference evapotranspiration (ET_o) by five methods: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Jensen & Haise, Linacre e Priestley & Taylor. This, plus to the dual and single crop coefficient (K_c), can offer daily ET_c to the user. The model was validated by comparing the FAO56 spreadsheet and the software and the lisimeter estimated K_c and the software. The determination coefficient was 0,9993 and 0,7492 respectively. A water balance validation also has been done resulting in values 22% higher in K_c initial and 26% and 3% lower in K_c medium and K_c ending, respectively. The software can estimate the crop coefficient with a good precision.

Keywords: Reference evapotranspiration. Crop evapotranspiration. Irrigation management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tela inicial do SEEVA.....	27
Figura 2 - Tela de seleção do arquivo de dados de culturas.....	28
Figura 3 - Aba <i>Cultura</i> completamente preenchida.....	29
Figura 4 - Aba <i>Solo</i> completamente preenchida.....	29
Figura 5 - Aba <i>Dados Climáticos</i>	30
Figura 6 - Tela de seleção do banco de dados climatológicos.....	30
Figura 7 - Aba <i>Dados Climáticos</i> após seleção do arquivo de dados climatológicos.....	31
Figura 8 - Tela de visualização dos dados climatológicos.....	31
Figura 9 - Aba <i>ETo</i>	32
Figura 10 - Aba <i>Kc</i> onde se pode escolher entre Kc single ou Kc dual.....	33
Figura 11 - Janela de criação dos dados da lâmina de irrigação.....	33
Figura 12 - Janela de gravação da tabela de lâminas de irrigação.....	34
Figura 13 - Tela de seleção do arquivo das lâminas de irrigação.....	34
Figura 14 - Tela de visualização da tabela de lâminas de irrigação.....	35
Figura 15 - Preenchimento dos dados complementares da aba <i>Kc</i>	35
Figura 16 - Aba <i>Resultados</i>	36
Figura 17 - Resultados simples na forma de texto.....	37
Figura 18 - Resultados completos na forma de texto.....	37
Figura 19 - Visualização gráfica dos resultados da simulação do Kc single.....	38
Figura 20 - Visualização gráfica dos resultados da simulação do Kc dual.....	39
Figura 21 - Exibição do gráfico em tela cheia.....	39
Figura 22 - Comparação Planilha x SEEVA.....	40
Figura 23 - Comparação Lisímetro x SEEVA.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de f_w de acordo com o tipo de precipitação.....	25
Tabela 2 - Comparação de K_c 's obtidos por balanço hídrico e pelo software.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	14
3.1.1 Método de FAO Penman-Monteith.....	14
3.1.2 Método de Hargreaves-Samani.....	17
3.1.3 Método de Jensen & Haise.....	18
3.1.4 Método de Linacre.....	18
3.1.5 Método de Priestley & Taylor.....	19
3.2 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA.....	20
3.3 ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTURA (K_c).....	20
3.3.1 K_c single.....	20
3.3.2 K_c dual.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 APLICAÇÃO DO SOFTWARE.....	40
5 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE.....	45

1 INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro, a exploração de frutas tropicais, sob regime de irrigação, vem despontando com grande potencialidade econômica, pelas excelentes condições de insolação e temperatura e facilidades de exportação para mercados estrangeiros como americano o e o europeu. O Agropolo Assu-Mossoró, que está incrustado no semi-árido nordestino, vem se destacando na área da fruticultura irrigada, sendo o maior produtor de melão do Brasil além de se dedicar ao cultivo de manga, banana, caju, melancia, mamão e coco.

A irrigação tem demonstrado ser uma das alternativas para o desenvolvimento socioeconômico dessa região. No entanto, ela deve ser manejada racionalmente, a fim de evitar problemas de salinização dos solos e de degradação dos recursos hídricos e edáficos, uma vez que as condições climáticas dessas regiões são extremamente favoráveis à ocorrência desses problemas.

A utilização eficiente da água está se tornando cada vez mais importante devido à escassez de recursos hídricos na região e ao elevado custo da energia, o que torna cada vez mais necessário o uso de metodologias apropriadas ao manejo racional do uso da água.

Para manejar corretamente uma cultura deve-se determinar com precisão suas necessidades hídricas, e para tal, tem que se considerar que o clima, as características da cultura, o manejo e o meio de desenvolvimento são fatores que afetam a evaporação e a transpiração, que somadas são chamadas de evapotranspiração. Quando se pensa em irrigar, planeja-se repor as perdas ocorridas na cultura através da evapotranspiração da mesma (ET_c).

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma ferramenta computacional desenvolvida para auxiliar o manejo da irrigação e da água, através do cálculo da evapotranspiração da cultura. O software será gratuito, de fácil utilização (já que usa as janelas do Windows[®]) e reúne simulações da evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c).

2 REVISÃO DE LITERATURA

O manejo da água na irrigação está, cada vez mais, se tornando uma importante característica no manejo da irrigação. Em tempos de aquecimento global e uso racional dos recursos naturais, a correta utilização da água na irrigação nunca esteve tão em foco. A maneira mais adequada de se irrigar é oferecendo a cultura somente a quantidade de água que ela necessita, e, em cima dessa afirmativa, foram desenvolvidos vários métodos de estimativa do consumo hídrico de culturas. Porém, muitos desses métodos possuem utilização prática limitada devido à ausência de sistemas que viabilizem, de forma simples e confiável, a estimativa de acordo com a disponibilidade dos parâmetros relacionados com a planta, solo e atmosfera.

Um planejamento adequado da irrigação de uma determinada área de cultivo leva em consideração os recursos hídricos disponíveis no local, a necessidade hídrica da cultura, o conhecimento das variações climáticas da região, o tipo de solo existente no local e todas as interações entre esses fatores. O irrigante tem que tomar decisões, desde antes de plantar, que irão afetar diretamente no manejo sustentável dos recursos hídricos do local e na economicidade da atividade, desde a escolha do sistema de irrigação, turno de rega adotado e lâmina de irrigação. O irrigante pode usufruir de dados de estações meteorológicas e utilizar metodologias encontradas na literatura para determinar a lâmina adequada ao seu cultivo em sua região, porém essas informações não chegam com frequência ao campo e, por isso, a utilização de um software destinado a essas tarefas deve ser incentivada e disseminada entre os irrigantes.

A evapotranspiração é a combinação da evaporação do solo e da transpiração da planta. São dois processos distintos que acontecem simultaneamente, porém não são facilmente distinguíveis.

Segundo Allen et al. (1998) e Pereira (2004) a evapotranspiração de referência (ET_0) depende somente dos elementos do clima. A ET_0 expressa o poder de evaporação da atmosfera de um local e tempo específico e não leva em consideração as características da cultura e fatores do solo. O método de Penman-Monteith, recomendado pela FAO para o cálculo da ET_0 , é o melhor método a se utilizar quando se tem dados climáticos completos (ALLEN et al., 2007), e assim poder estimar as necessidades de água para a irrigação.

Duas culturas de referência podem ser utilizadas para a determinação da ET_o : uma de tamanho pequeno (0,12 m) similar à grama e uma de tamanho maior (0,50 m) similar à alfafa. Mudanças quanto ao cálculo da evapotranspiração horária foram propostas, criando-se uma outra forma de se escrever a mesma equação, com constantes de intervalo de tempo (horário ou diário) (ASCE-EWRI, 2005). A estimativa da evapotranspiração horária em regiões semi-áridas pode ser feita utilizando a metodologia FAO Penman-Monteith (LÓPEZ-URREA et al., 2006).

A estimativa dos coeficientes de cultura (K_c) incorporam as características da cultura e os efeitos da evaporação na superfície do solo (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006). A aproximação $K_c \times ET_o$ (ET_c) oferece uma maneira simples de se estimar a evapotranspiração (ET) de várias culturas sob diversas condições climáticas (DOORENBOS; PRUITT, 1977; ALLEN et al., 1998). Curvas (ou valores) de K_c foram desenvolvidas representando as taxas de ET_c na ET_o durante os estádios de desenvolvimento. Valores de coeficientes de cultivo foram publicados para um grande número de culturas (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006; ALLEN et al., 2007). O K_c representa a fração relativa da ET_o e é governado, principalmente, pela quantidade, tipo e condições da cultura, que tem características mais consistentes que as vegetações naturais. Valores tabelados de K_c são frequentemente utilizados em aplicações agrícolas e podem ser ajustados para as condições climáticas desejadas em função da umidade relativa do ar, velocidade do vento e altura da cultura, através de equações.

Allen et al. (1998) apresentam duas definições para o K_c . A primeira é chamada de K_c single que é uma relação entre a ET_c e a ET_o em um determinado tempo em que não se separa a evaporação da transpiração. A segunda é chamada de K_c dual, que separa o K_c na soma algébrica do coeficiente de cultura basal (K_{cb}) e do coeficiente de evaporação do solo molhado (K_e). Outros coeficientes são utilizados para tornar o cálculo do K_c dual mais preciso: o coeficiente de stress (K_s), utilizado quando se tem um déficit hídrico na cultura, e o coeficiente de redução da evaporação (K_r), que depende da quantidade de água disponível no solo. A utilização do K_c dual é preferível na estimativa de valores mais precisos de K_c , principalmente para calendários diários de irrigação (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006).

Allen e Pereira (2009) introduzem a utilização do coeficiente de densidade (K_d) e propõe alterações no procedimento de cálculo do fator de cobertura (f_c), mostrando que a metodologia está em constante evolução.

Existem algumas ferramentas computacionais que estimam a evapotranspiração de referência e de cultura. Raes (2009) desenvolveu um software de estimativa da ET_o de acordo com os padrões da FAO denominado ETo Calculator. O software estima a ET_o em intervalos diários, de dez em dez dias, e mensal e possui procedimentos que estimam, também, dados climáticos faltosos.

Allen (2000) desenvolveu um software intitulado REF-ET (Reference Evapotranspiration Calculator), que contém procedimentos de cálculo da ET_o recomendados pela ASCE e pela FAO.

O software CropWat (SMITH, 1992) também utiliza a metodologia da FAO para o cálculo da ET_o , porém, ele é um software que também auxilia no manejo da irrigação, podendo-se elaborar calendário de irrigação. Várias versões do CropWat foram desenvolvidas e a mais atual é a versão 8.0 (FAO, 2009).

O modelo SIMDualKc é uma aplicação (software) que permite simular o balanço hídrico no solo através do cálculo da ET_c , baseando-se na metodologia do K_c dual. Também pode ser utilizado para auxiliar no manejo da irrigação (ROLIM et al., 2006).

Valores da evapotranspiração de referência (ET_o) ajustados com coeficientes de cultura (K_c) específicos são os métodos mais usados e universalmente aceitos para quantificar a evapotranspiração atual da cultura (ET_c).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O software apresentado nesta pesquisa foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C# no ambiente de desenvolvimento Microsoft® Visual C# 2005. O requisito mínimo para a execução do software é um computador com processador de 32-bits, 128 MB RAM e Windows® XP ou superior e possuir a biblioteca .NET Framework 2.0 instalada, a qual é disponível gratuitamente na Internet. Os bancos de dados escolhidos para serem utilizados pelo programa foram arquivos XML, pela facilidade de criação e manipulação dos dados nesses arquivos através de qualquer editor XML ou do Microsoft® Office Excel.

3.1 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Existem vários métodos de se estimar a ET_o . Cada método tem seu próprio procedimento de cálculo e, conseqüentemente, suas variáveis, por isso, a disponibilidade de dados climáticos é o principal fator da decisão entre um método ou outro. Outro critério a ser utilizado na escolha do método é sua adequação ao clima da região. Os métodos utilizados pelo software são: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Jensen & Haise, Linacre e Priestley & Taylor

3.1.1 Método de FAO Penman-Monteith

Na estimativa da ET_o pelo método de FAO Penman-Monteith assume-se uma cultura hipotética de referência com altura de 0,12 m, resistência estomática fixa de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, pela equação (ALLEN et al., 1994; ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}), Δ é a declinação da curva de saturação de vapor d'água ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), R_n é a radiação líquida na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), G é a densidade de fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), γ é a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), U_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}), T é a temperatura média diária do ar a 2 m de altura ($^\circ\text{C}$), e_s é a pressão de saturação do vapor (kPa) e e_a é a pressão de vapor atual (kPa).

O procedimento de cálculo de todas as variáveis da equação (1) será mostrado a seguir. Todas as equações seguem o apresentado no manual FAO56 (ALLEN et al., 1998).

a) Δ (declinação da curva de saturação do vapor d'água)

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \exp \left(\frac{17,27T}{T + 237,3} \right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (2)$$

em que T é a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$), obtida por:

$$T = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \quad (3)$$

em que $T_{\max}$ e $T_{\min}$ são as temperaturas máxima e mínima do ar ($^\circ\text{C}$), respectivamente.

$T_{\max}$ e $T_{\min}$ devem estar presentes no banco de dados climatológicos.

b) R_n (radiação líquida na superfície da cultura)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (4)$$

em que R_{ns} e R_{nl} são as radiações solares de ondas curtas e longas ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), respectivamente e são definidas por

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (5)$$

em que α é o albedo, que é 0,23 para a cultura hipotética de referência similar à grama (adimensional), R_s é a radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), e por

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{max,K}^4 + T_{min,K}^4}{2} \right] (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \quad (6)$$

em que σ é a constante de Stefan-Boltzmann [$4,903 \cdot 10^{-9}$] ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), $T_{max,K}^4$ e $T_{min,K}^4$ é a temperatura absoluta máxima e mínima do dia, respectivamente ($K = ^\circ\text{C} + 273.16$), e_a é a pressão de vapor atual (kPa), R_s é a radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e R_{so} é a radiação de dias claros ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), que é definida por

$$R_{so} = (a_s + b_s)R_a \quad (7)$$

em que $a_s + b_s$ é a fração de radiação extraterrestre que chega à superfície da Terra em dias claros e R_a é a radiação extraterrestre ($\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$).

c) R_s (radiação solar global)

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (8)$$

em que n é a insolação ocorrida no dia (horas) e N é a duração máxima do dia (horas).

Os valores de a_s e b_s utilizados pelo software são de 0,25 e 0,50, seguindo o recomendado pelo manual FAO56.

A radiação extraterrestre (R_a) deve estar presente no banco de dados climatológico.

d) G (densidade de fluxo de calor no solo)

A magnitude do fluxo de calor diário no solo sobre a superfície da cultura de referência é relativamente pequena, então pode ser desprezada ($G = 0$) (ALLEN et al., 1998).

e) γ (constante psicrométrica)

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda} = 0,665 \cdot 10^{-3} P \quad (9)$$

em que c_p é o calor específico numa pressão constante, $1,013 \cdot 10^{-3}$ ($\text{MJ K}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$), P é pressão atmosférica (kPa), ε é o peso molecular do vapor d'água/ar seco, 0,622 (adimensional) e λ é o calor latente de vaporização, $2,45 \text{ MJ K}^{-1}$.

A Pressão atmosférica (P) deve estar presente no banco de dados climatológico.

f) U_2 (velocidade do vento a 2 m de altura)

A velocidade do vento a 2 m de altura (U_2), em m s^{-1} , deve estar presente no banco de dados climatológicos.

g) T (temperatura média diária a 2 m de altura)

O procedimento de cálculo da temperatura média diária a 2 m de altura (T) é mostrado na equação (3).

h) e_s (pressão de saturação do vapor)

$$e_s = \frac{e^o(T_{max}) + e^o(T_{min})}{2} \quad (10)$$

em que $e^o(T_{max})$ e $e^o(T_{min})$ é a pressão de saturação de vapor (kPa) na hora mais quente e mais fria do dia, respectivamente, e é definida por:

$$e^o(T) = 0,6108 \exp\left(\frac{12,27 T}{T + 237,3}\right) \quad (11)$$

em que T é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

i) e_a (pressão de vapor atual)

$$e_a = \frac{UR_{med}}{100} e_s \quad (12)$$

em que UR_{med} é a umidade relativa do ar média (%) e e_s é a pressão de saturação do vapor (kPa).

3.1.2 Método de Hargreaves-Samani

Na ausência de dados de umidade relativa e velocidade do vento, a evapotranspiração, em mm dia^{-1} , pode ser estimada através da seguinte equação (HARGREAVES; SAMANI, 1982):

$$ET_o = 0,0023 (T_{med} + 17,8) \cdot R_a \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \quad (13)$$

em que $T_{\max}$, $T_{\min}$ e T_{med} é a temperatura máxima, mínima e média diária (°C), respectivamente, e R_a é a radiação extraterrestre (mm dia^{-1}).

3.1.3 Método de Jensen & Haise

Para regiões áridas e semi-áridas, Jensen e Haise (1963) apresentaram a seguinte equação para o cálculo da evapotranspiração de referência, em mm dia^{-1} :

$$ET_o = R_s(0,025 T_{\text{med}} + 0,08) \quad (14)$$

em que R_s é a radiação solar global (mm dia^{-1}) e T_{med} é a temperatura média diária (°C).

3.1.4 Método de Linacre

A evapotranspiração de referência pelo método de Linacre, em mm dia^{-1} , pode ser obtida em função da altitude, latitude e das temperaturas diárias máxima, mínima e do ponto de orvalho, através da equação (LINACRE, 1977):

$$ET_o = \frac{\frac{500(T_{\text{med}} + 0,006 h)}{100 - \varphi} + 15(T_{\text{med}} - T_{\text{dew}})}{80 - T_{\text{med}}} \quad (15)$$

em que T_{med} é a temperatura média diária (°C), h é a altura acima do nível do mar (m), φ é a latitude (graus) e T_{dew} é a temperatura do ponto de orvalho (°C) que é definida por:

$$T_{\text{dew}} = \frac{116,91 + 237,3 e_a}{16,78 - \ln(e_a)} \quad (16)$$

em que e_a é a pressão de vapor atual (kPa).

3.1.5 Método de Priestley & Taylor

O método de Priestley & Taylor, utilizado na estimativa da evapotranspiração, constitui-se numa aproximação do método de Penman. Nesta equação permanece apenas o saldo de radiação corrigido por um coeficiente empírico (α), conhecido como parâmetro de Priestley & Taylor, o qual incorpora a energia adicional ao processo de evapotranspiração proveniente do termo aerodinâmico. Eles mostraram que esse coeficiente varia de 1,08 a 1,34, com média de 1,26 em condições mínimas de advecção regional. Através do método de Priestley & Taylor, a evapotranspiração, em MJ m⁻² dia⁻¹, pode ser obtida pela equação (PRIESTLEY; TAYLOR, 1972):

$$ET_o = \frac{\alpha \cdot W \cdot (R_n - G)}{2,45} \quad (17)$$

em que α é o parâmetro de Priestley & Taylor (adimensional), W é a declinação da curva de saturação do vapor d'água em função da temperatura, que pode ser estimada por (VISWANADHAM et al., 1991):

$$W = 0,407 + 0,0147 T \quad (18)$$

para $0 < T < 16 \text{ }^\circ\text{C}$

$$W = 0,483 + 0,01 T \quad (19)$$

para $T > 16,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA

A evapotranspiração da cultura (ET_c) se diferencia da ET_o por apresentar características de cultura diferentes da cultura de referência: área de cobertura, tamanho da planta, albedo, resistência à transferência de vapor e evaporação do solo. Dessa forma, a estimativa da ET_c é mais próximo da necessidade hídrica real da cultura. A ET_c pode ser expressa pela multiplicação do coeficiente de cultivo (K_c) e ET_o . O K_c é um coeficiente que expressa a diferença da evaporação entre a própria cultura e a cultura de referência, varia predominantemente com as características específicas de cada cultura e pode ser ajustado para diferentes regiões e climas.

3.3 ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTURA (K_c)

O K_c pode ser estimado combinando, em um único coeficiente, a evaporação do solo e a transpiração da planta (K_c single) ou separando o cálculo desses dois fatores (K_c dual). A escolha entre essas duas formas de estimativa depende da precisão requerida, dos dados climáticos disponíveis e do intervalo em que os cálculos serão executados (semanal, diário).

3.3.1 K_c single

De acordo com o apresentado pelo manual FAO24, o crescimento da cultura é dividido em 4 estádios, representados por três diferentes coeficientes de cultura: K_c inicial, K_c médio e K_c final. O primeiro estágio coincide com o K_c inicial, que compreende o dia do plantio até o dia em que a cultura cobre cerca de 10% do solo. O segundo estágio é chamado de estágio de desenvolvimento vegetativo que vai desde 10% até os 75% de cobertura do solo. O terceiro estágio coincide com o K_c médio, começa no fim do segundo estágio e termina quando a planta começa a consumir menos água devido a sua senescência. O quarto estágio inicia-se no final do terceiro estágio, quando o uso de água pela planta é mínimo ou cessa, e termina na

colheita (K_c final). Os coeficientes da cultura são representados por linhas retas que conectam os quatro estádios de desenvolvimento da planta.

O K_c inicial é determinado por (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al. 2006):

$$Kc_{ini} = \frac{TEW - (TEW - REW) \exp\left(\frac{-(t_w - t_1)E_{so} \left(1 + \frac{REW}{TEW - REW}\right)}{TEW}\right)}{t_w \cdot ET_o} \quad (20)$$

em que TEW é a água totalmente evaporável (mm), REW é a água prontamente evaporável (mm), t_w é o tempo médio entre eventos de molhamento (dia), t_1 é o tempo em que se completa a fase de secamento do estágio 1 (dia), E_{so} é a taxa potencial de evaporação (mm dia⁻¹) e ET_o é a evapotranspiração de referência média durante o período inicial da cultura (mm dia⁻¹).

O procedimento de cálculo de todas as variáveis da equação (20) será mostrado a seguir. Todas as equações seguem o apresentado no manual FAO56 (ALLEN et al., 1998).

a) TEW (água totalmente evaporável)

$$TEW = 1000(\theta_{CC} - 0,5\theta_{PM})Z_e \quad (21)$$

em que θ_{CC} é a umidade do solo na capacidade de campo (m³ m⁻³), θ_{PM} é a umidade do solo no ponto de murcha (m³ m⁻³) e Z_e é a camada efetiva de evaporação do solo (m).

Quando desconhecido, o valor de Z_e recomendado é entre 0,10 e 0,15 m. O software utiliza o valor de Z_e igual a 0,15 m em suas simulações.

b) REW (água prontamente evaporável) (PEREIRA, 2004)

A REW depende da textura do solo.

Se a porcentagem de areia for maior que 80%

$$REW = 20 - 0,15 \cdot A_r \quad (22)$$

Se a porcentagem de argila for maior que 50%

$$REW = 11 - 0,06 \cdot A_g \quad (23)$$

Para todos os outros casos

$$REW = 8 + 0,08 \cdot A_g \quad (24)$$

em que A_r e A_g são as quantidades de areia e argila presentes na amostra de solo (%), respectivamente.

c) t_w (tempo médio entre eventos de molhamento)(PEREIRA, 2004):

$$t_w = \frac{L_{ini}}{n_w} \quad (25)$$

em que L_{ini} é a duração do estágio 1 (dias) e n_w é o número de regas feitas no estágio 1 (adimensional).

d) t_1 (tempo de secamento do estágio 1)

$$t_1 = \frac{REW_{cor}}{E_{so}} \quad (26)$$

e) E_{so} (taxa potencial de evaporação)

$$E_{so} = 1,15 ET_o \quad (27)$$

O K_c médio é determinado pela equação (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al. 2006):

$$Kc_{med} = Kc_{med(Tab)} + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(UR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (28)$$

em que $Kc_{med(Tab)}$ é o valor de Kc_{med} tabelado (adimensional) apresentado no manual FAO56, U_2 é a velocidade média do vento durante o estágio ($m s^{-1}$), UR_{min} é a umidade relativa mínima do ar durante o estágio (%), e h é a altura média da planta durante o estágio (m).

O K_c final é determinado pela equação (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al. 2006):

$$Kc_{end} = Kc_{end(Tab)} + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(UR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (29)$$

em que $K_{c_{end(Tab)}}$ é o valor de $K_{c_{end}}$ tabelado (adimensional) apresentado no manual FAO56.

3.3.2 K_c dual

No procedimento de cálculo, o K_c é dividido em dois coeficientes distintos, um para a transpiração da cultura (o coeficiente de cultura basal, K_{cb}) e outro para a evaporação do solo (K_e). Então:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (30)$$

O K_{cb} é definido como a relação entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência (ET_c / ET_o) quando a superfície do solo está seca e a transpiração ocorre numa taxa potencial, ou seja, há água suficiente no solo para a planta realizar sua completa transpiração. O K_{cb} é representado por:

$$K_{cb} = K_{cb(Tab)} + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004 (UR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (31)$$

em que $K_{cb(Tab)}$ é o valor de K_{cb} tabelado (adimensional) apresentado no manual FAO56, U_2 é a velocidade média do vento durante o estágio ($m s^{-1}$), UR_{min} é a umidade relativa mínima do ar durante o estágio (%), e h é a altura média da planta durante o estágio (m).

Esta equação pode ser usada para encontrar o K_c basal médio e final. O K_c basal inicial é dado pela lista presente no manual FAO56.

O K_e é o componente de evaporação do K_c . O K_e é máximo logo após chuva ou irrigação. Quando a superfície do solo está seca, o K_e é baixo podendo chegar à zero.

$$K_e = K_r (K_{c_{max}} - K_{cb}) \leq f_{ew} \cdot K_{c_{max}} \quad (32)$$

em que K_r é o coeficiente de redução da evaporação (adimensional), $K_{c_{max}}$ é o valor máximo de K_c seguido de uma chuva ou irrigação (adimensional), K_{cb} é o coeficiente de transpiração

basal da cultura (adimensional) e f_{ew} é a fração do solo exposta e molhada, ou seja, a fração do solo em que a evaporação mais ocorre (adimensional).

A evaporação ocorre predominantemente na fração do solo que está exposta, logo K_e não pode ultrapassar $f_{ew} K_{c_{max}}$.

O $K_{c_{max}}$ representa o limite máximo de evaporação e transpiração da cultura e é calculado da seguinte forma:

$$K_{c_{max}} = \max \left(\left\{ 1,2 + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004 (UR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0,3} \right\}, \{K_{c_b} + 0,05\} \right) \quad (33)$$

A equação (33) assegura que o $K_{c_{max}}$ sempre será maior ou igual ao $K_{c_b} + 0,05$. Isso é necessário, pois se sugere que o K_{c_b} é acrescido de 0,05 quando a superfície do solo é totalmente molhada, após chuva ou irrigação, mesmo em períodos de cobertura total do solo.

O cálculo do coeficiente de redução de evaporação do solo (K_r) é dividido em dois estágios, um quando a superfície do solo está molhada ($K_r = 1$), e outro quando a quantidade de água na superfície do solo se torna limitante ($K_r < 1$). A equação abaixo abrange as duas fases do K_r :

$$K_r = \frac{TEW - D_{e, i-1}}{TEW - REW} \quad (34)$$

em que TEW é a água totalmente evaporável (mm), REW é a água prontamente evaporável (mm) e $D_{e, i-1}$ é a quantidade acumulada de evaporação na superfície do solo no dia anterior (mm).

Procedimento de cálculo da fração do solo exposta e molhada (f_{ew}):

$$f_{ew} = \min(1 - f_c, f_w) \quad (35)$$

em que $1 - f_c$ é a fração do solo exposta mas não sombreado e f_w é a fração do solo molhada por precipitação.

a) f_c (fração do solo exposto sombreado)

$$f_c = \left(\frac{Kc_b - Kc_{min}}{Kc_{max} - Kc_{min}} \right)^{(1+0,5h)} \quad (36)$$

em que Kc_b é o coeficiente de transpiração basal da cultura (adimensional), Kc_{max} é o valor máximo de Kc seguido de uma chuva ou irrigação (adimensional), Kc_{min} é o valor mínimo de Kc para um solo nu, seco e sem cobertura (adimensional) e h é a altura média da planta durante o estágio (m).

O valor recomendado do Kc_{min} é entre 0,15 e 0,20. No software o valor escolhido de Kc_{min} é 0,15.

b) f_w (fração do solo molhada por precipitação)

Valores possíveis de f_w são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de f_w de acordo com o tipo de precipitação

Tipo de precipitação	f_w
Chuva	1,0
Irrigação por aspersão	1,0
Irrigação por faixa	1,0
Irrigação por sulco	0,4 – 0,8
Irrigação por micro-aspersão	0,5 – 1,0
Irrigação por gotejamento	0,3 – 0,7

Procedimento de cálculo do coeficiente de redução da evaporação do solo (K_r):

Para estimar o K_r é necessário um cálculo de balanço hídrico diário da camada superficial do solo para se fazer o cálculo da quantidade de evaporação acumulada (D_e).

$$D_{e, i} = D_{e, i-1} - (P_i - RO_i) - \frac{I_i}{f_w} + \frac{E_i}{f_{ew}} + TEW_i + DP_{e, i} \quad (37)$$

em que $D_{e, i-1}$ é a quantidade acumulada de evaporação na superfície do solo no dia anterior (mm), P_i é a precipitação no dia i (mm), RO_i é a perda por escoamento superficial no dia i (mm), I_i é a lâmina de irrigação no dia i (mm), E_i é a evaporação no dia i (mm) e $DP_{e, i}$ é a perda por percolação profunda no dia i (mm). A $DP_{e, i}$ é dada por (ALLEN et al., 2007):

$$DP_{e, i} = (P_i - RO_i) + \frac{I_i}{f_w} - D_{e, i-1} \quad (38)$$

A DP_e deve ser igual ou superior a zero. Para iniciar os cálculos, pode-se assumir que a superfície do solo está perto da capacidade de campo ($D_{e, i-1} = 0$) ou que toda a água evaporável evaporou na camada superficial do solo ($D_{e, i-1} = TEW$). O software utiliza a segunda opção em suas simulações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do SEEVA, o usuário poderá otimizar o manejo da água de irrigação através de estimativas de evapotranspiração de referência (ET_o) e de cultura (ET_c). O usuário poderá escolher 5 métodos diferentes de estimativa da ET_o : FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Jensen & Haise, Linacre e Priestley & Taylor. Já a estimativa da ET_c pode ser feita de duas maneiras, ambas pelo método proposto no manual FAO56, que são utilizando o K_c single ou o K_c dual.

O software utiliza o sistema de abas para uma maior facilidade no manuseio do mesmo. Na tela inicial do software (Figura 1), pode-se ver as abas de navegação do software: *Cultura*, *Solo*, *Dados Climáticos*, *ETo*, *Kc*, e *Resultados*. O SEEVA inicia com a aba *Cultura* selecionada.

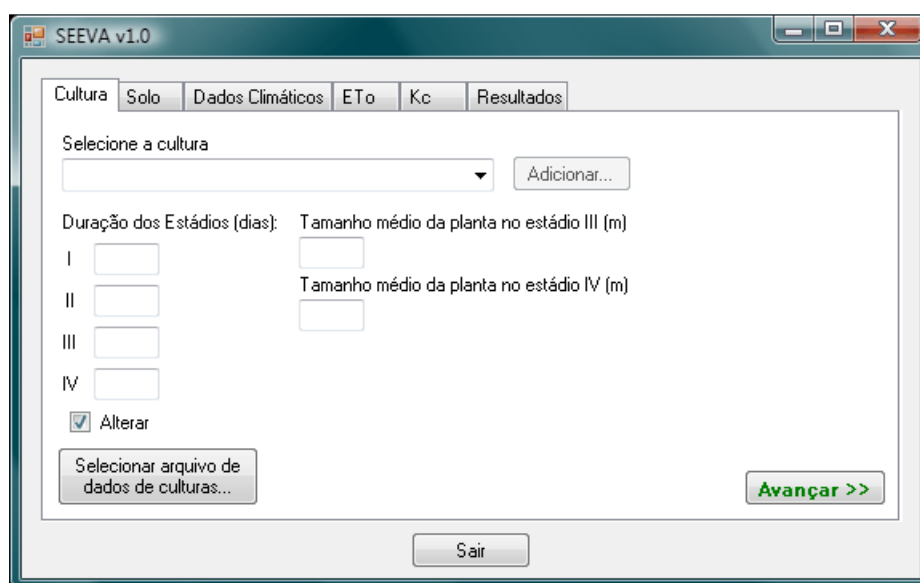


Figura 1 - Tela inicial do SEEVA

O usuário deve selecionar a cultura para a determinação do K_c . Ao clicar no botão *Selecionar arquivo de dados de culturas...* uma janela se abrirá (Figura 2) e o usuário deverá selecionar o arquivo de dados onde estão armazenados os dados de culturas (arquivo XML que vem junto com o software, passível de edição pelo usuário – ver Apêndice).

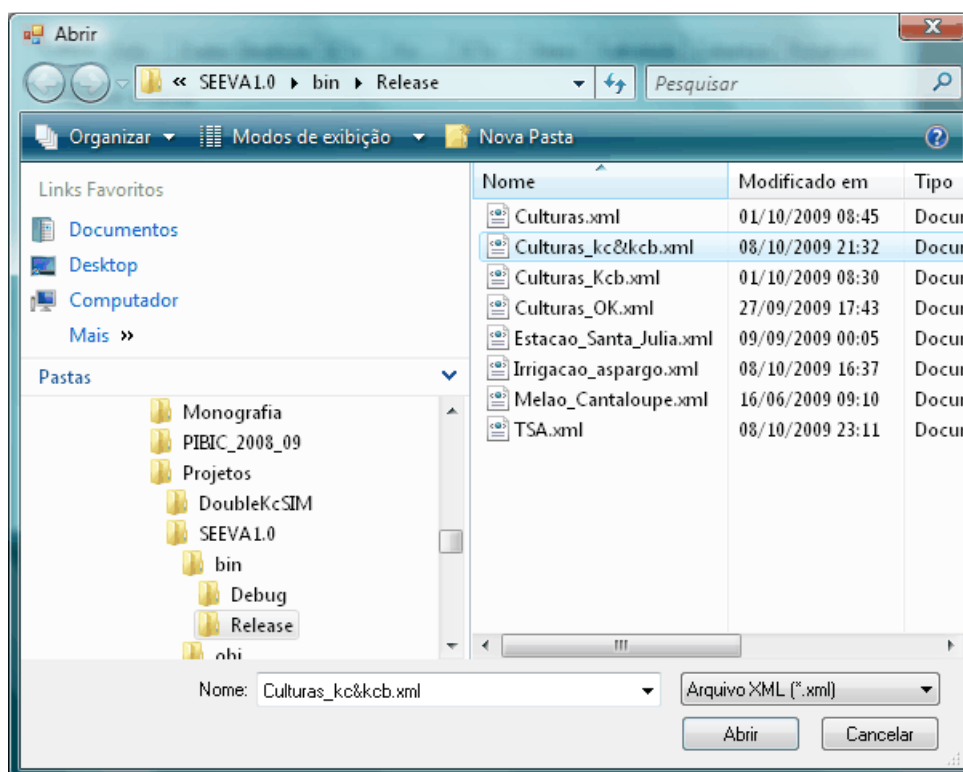


Figura 2 - Tela de seleção do arquivo de dados de culturas

Com o arquivo de culturas selecionado, o SEEVA preencherá automaticamente os campos de duração dos quatro estádios de desenvolvimento da cultura com valores padrão. Como esses valores podem variar de acordo com as características climáticas de cada região, o usuário poderá alterar esses valores. O usuário deverá também inserir a altura média da cultura, em metros, durante os estádios III e IV em seus respectivos campos, como mostrado na Figura 3.

Todos os campos da aba *Cultura* devem estar preenchidos antes de se clicar no botão *Avançar >>*.

Figura 3 - Aba *Cultura* completamente preenchida

Na aba *Solo*, todas as características de solo necessárias para a estimativa do K_c são apresentadas. Subtende-se que o usuário tem uma análise do solo em mãos para poder preencher corretamente esses campos. Todos os campos mostrados nessa aba deverão ser preenchidos manualmente pelo usuário, como mostrado na Figura 4.

Após preenchimento total da aba *Solo* clique no botão *Avançar >>*, o usuário é levado até a próxima aba: *Dados Climáticos* (Figura 5). O usuário deverá clicar no botão *Escolher banco de dados...*

Figura 4 - Aba *Solo* completamente preenchida

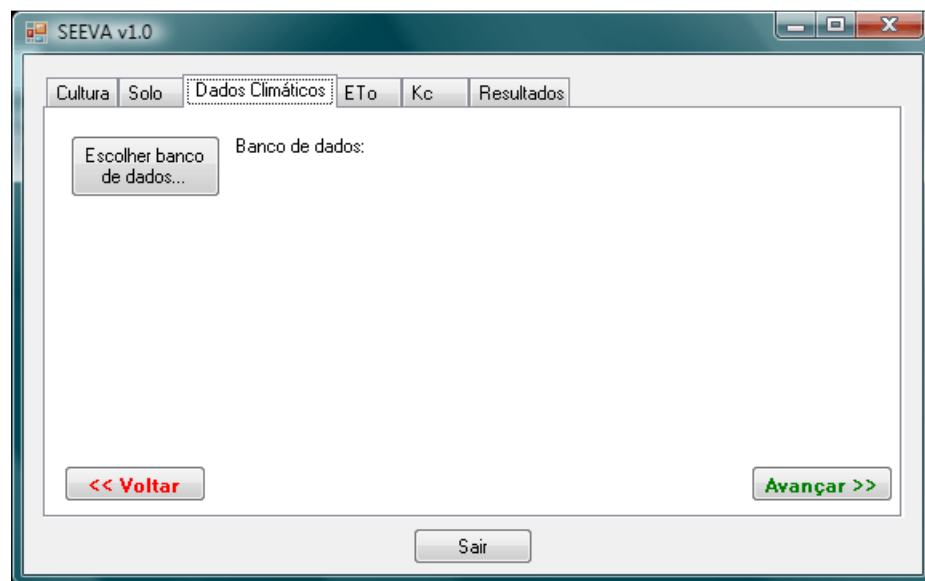


Figura 5 - Aba *Dados Climáticos*

Na janela que se abrir, deve-se escolher o arquivo XML que contém os dados climatológicos necessários para os cálculos (Figura 6). Ver no apêndice como proceder para criar esse arquivo.

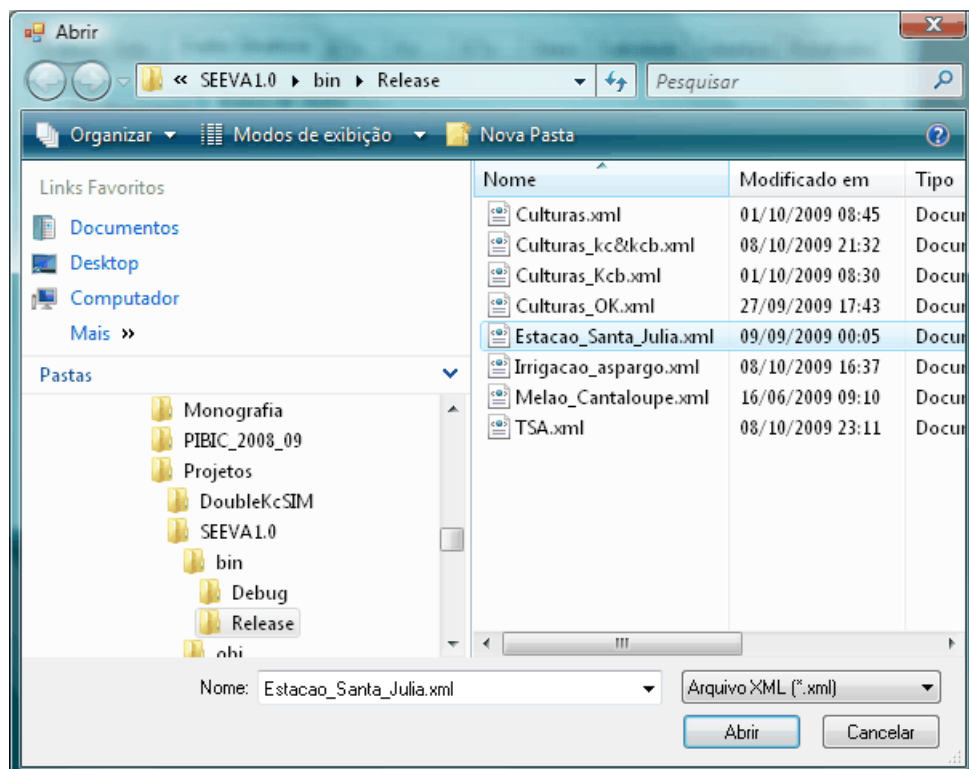


Figura 6 - Tela de seleção do banco de dados climatológicos

Após a seleção do arquivo de dados climatológicos, o software mostrará o nome do banco de dados (arquivo) escolhido e uma opção de visualização dos dados do arquivo (Figura 7). É mostrado na Figura 8 a visualização desses dados.



Figura 7 - Aba *Dados Climáticos* após seleção do arquivo de dados climatológicos

tipo	ano	dia	Tmax	Tmin	URmin	URmec
222	2003	244	35.6	23.1	65.8	65.8
222	2003	245	35.4	24.3	54.0	54.0
222	2003	246	35.6	24.1	51.8	51.8
222	2003	247	34.8	24.1	51.3	51.3
222	2003	248	35.0	21.6	54.5	54.5
222	2003	249	31.9	21.6	62.5	62.5
222	2003	250	34.2	23.1	61.0	61.0
222	2003	251	36.2	21.3	57.0	57.0
222	2003	252	36.2	22.0	56.3	56.3
222	2003	253	34.8	22.7	57.3	57.3
222	2003	254	35.6	22.9	59.5	59.5
222	2003	255	36.3	23.3	63.0	63.0
222	2003	256	36.2	24.1	63.8	63.8
222	2003	257	35.6	22.1	59.8	59.8
222	2003	258	35.6	23.2	62.3	62.3
222	2003	259	35.0	23.9	57.3	57.3
222	2003	260	37.2	23.4	60.3	60.3
222	2003	261	35.4	24.1	62.8	62.8
222	2003	262	34.8	24.1	60.8	60.8
222	2003	263	36.0	23.0	57.3	57.3

Figura 8 - Tela de visualização dos dados climatológicos

Na próxima aba, *ET_o*, o usuário deve selecionar o método de estimativa da *ET_o* dentre os cinco apresentados. No caso da seleção do método de Priestley & Taylor, o usuário deverá entrar com o valor do coeficiente de Priestley & Taylor (α) (Figura 9).

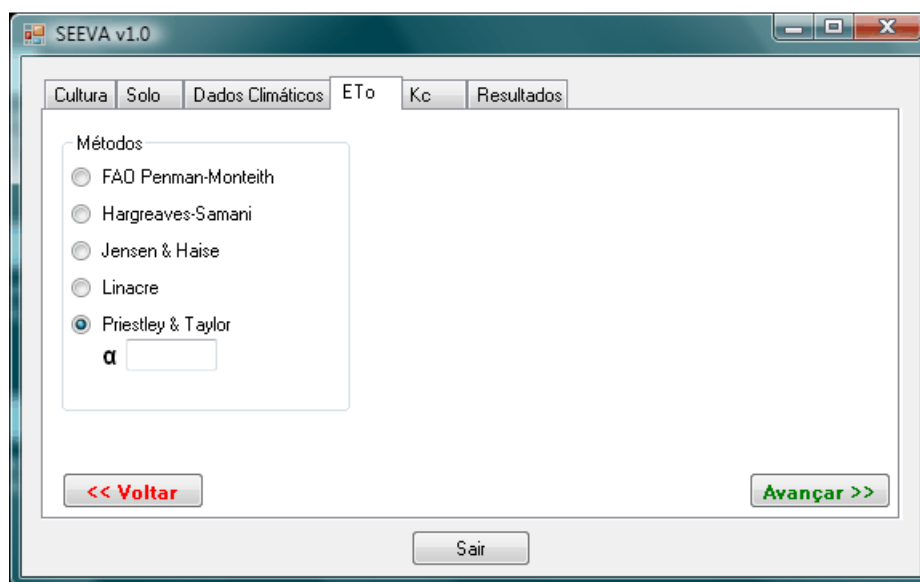


Figura 9 - Aba *ET_o*

Na aba *K_c*, o usuário pode escolher entre utilizar o *K_c* single (ou *K_c* médio) e o *K_c* dual para a simulação, bastando para isso clicar em um dos dois botões: *Single K_c* ou *Dual K_c* (Figura 10). Na escolha do *K_c* single, o usuário deve inserir os valores da lâmina de plantio, a lâmina média aplicada e o número de irrigações durante o estágio I de desenvolvimento da cultura em seus respectivos campos. Já no *K_c* dual, é necessário se ter os valores da lâmina de irrigação de todos os dias durante todo o ciclo da cultura. Para criar a tabela com esses valores, o usuário deve clicar no botão *Criar dados...*. Uma janela com os dias do ciclo e a lâmina aplicada em cada dia se abrirá e o usuário deverá inserir as lâminas de cada dia (Figura 11). Caso uma lâmina se repita em mais de um dia consecutivo, o usuário poderá marcar a *checkbox* que se encontra na primeira coluna da tabela e o valor se repetirá no dia seguinte.

Figura 10 - Aba *Kc* onde se pode escolher entre *Kc* Single ou *Kc* Dual

Dia	Lâmina (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

Figura 11 - Janela de criação dos dados da lâmina de irrigação

Ao finalizar a entrada de dados das lâminas de irrigação, o usuário deve clicar em *Gravar & Carregar* para salvar a tabela recém criada em um arquivo XML com nome de sua escolha (Figura 12). O arquivo será armazenado no diretório corrente do programa.

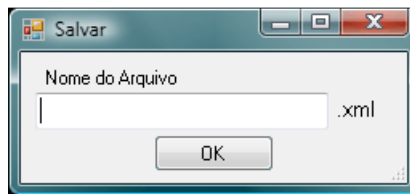


Figura 12 - Janela de gravação da tabela de lâminas de irrigação

Caso o usuário já tenha criado uma tabela anteriormente, ele poderá carregá-la clicando em *Carregar dados...* na aba *Kc* do SEEVA. Uma janela irá abrir-se para o usuário selecionar o arquivo já gravado anteriormente (Figura 13).

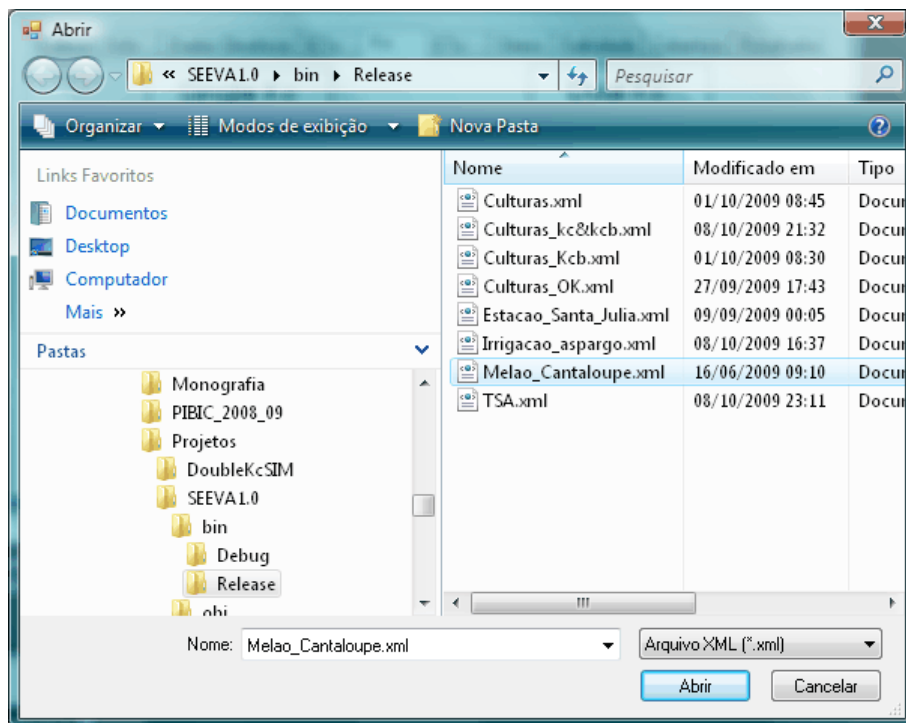
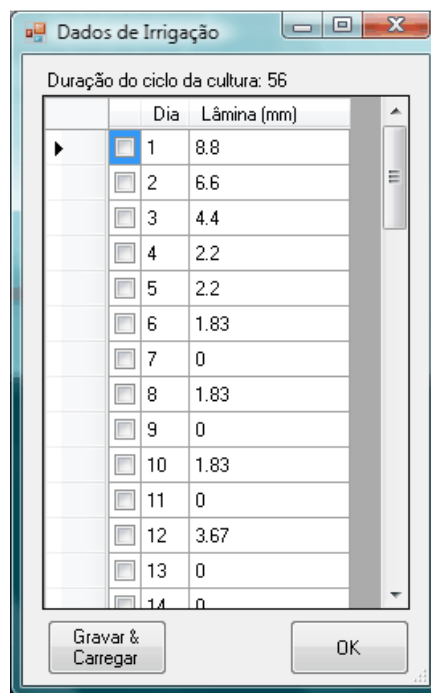


Figura 13 - Tela de seleção do arquivo das lâminas de irrigação

Com o arquivo selecionado, será exibido ao usuário a tabela selecionada com os dias do ciclo e suas respectivas lâminas (Figura 14). O usuário poderá alterar a tabela se for necessário, salvá-la novamente ou não para a utilização pelo software.



Dia	Lâmina (mm)
1	8.8
2	6.6
3	4.4
4	2.2
5	2.2
6	1.83
7	0
8	1.83
9	0
10	1.83
11	0
12	3.67
13	0
14	0

Figura 14 - Tela de visualização da tabela de lâminas de irrigação

Independentemente da escolha de K_c single ou dual, a data do plantio, o sistema de irrigação utilizado e a fração do solo molhado pelo sistema de irrigação (fw) deverão ser inseridos (Figura 15). Uma série de valores de fw para cada sistema de irrigação selecionado é listado em sua caixa de texto, cabendo ao usuário escolher um deles ou inserir um diferente.

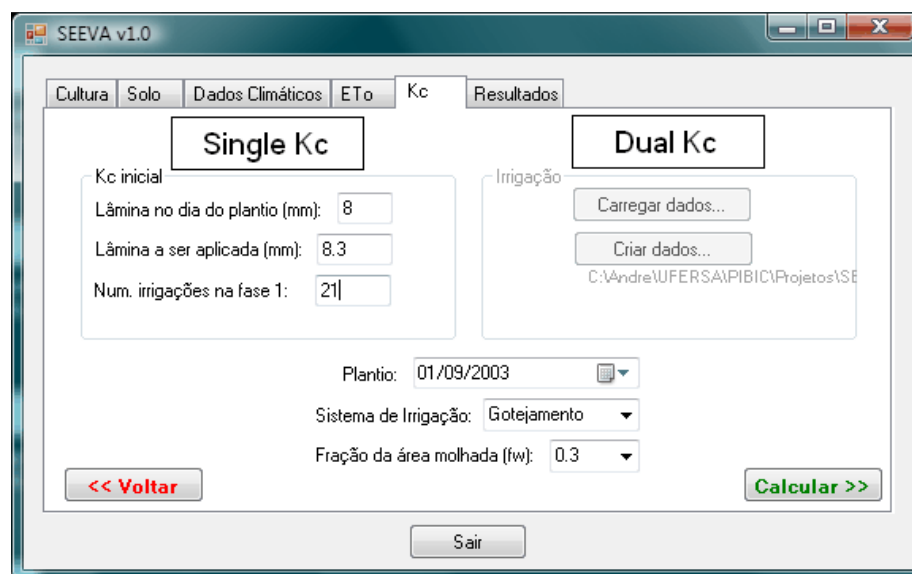


Figura 15 - Preenchimento dos dados complementares da aba K_c

Após a escolha do K_c single ou dual para a simulação e preenchimento devido de seus campos, o usuário deve clicar no botão *Calcular >>*. O SEEVA fará os cálculos e levará o usuário para a aba *Resultados* onde os resultados poderão ser visualizados (Figura 16).

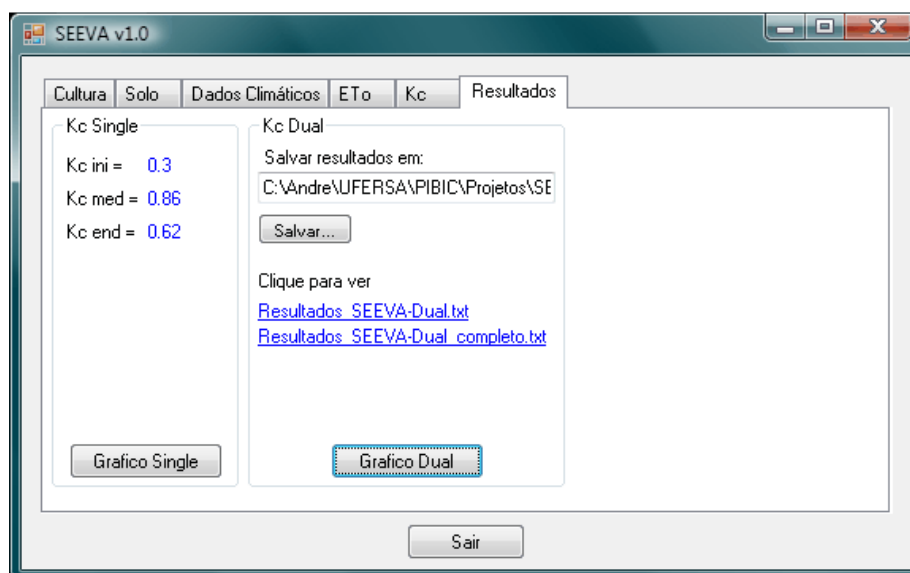


Figura 16 - Aba *Resultados*

Os resultados podem ser visualizados de duas maneiras: na forma de texto e na forma de gráficos. No K_c dual, os resultados na forma de texto são divididos em resultado simples e completos. O SEEVA, após os cálculos, guarda os resultados em forma de arquivos de texto no diretório corrente do programa. Para acessá-los, basta clicar nos *links* Resultados_SEEVA-Dual.txt ou Resultados_SEEVA-Dual_completo.txt, para resultados simples e completos, respectivamente. Na forma simples os resultados mostrados são: dia Juliano, K_c e ETo (Figura 17). Na forma completa são: DJ (dia Juliano), Kcb (coeficiente basal de cultura), h (altura máxima da cultura), Kcmax (coeficiente de cultura máximo), Lam/fw (relação lâmina de irrigação e fator de molhamento), fc (fator de cobertura do solo), fw (fator de molhamento), few (fração do solo exposta e molhada), Deant (quantidade acumulada de evaporação na superfície do solo no dia anterior), Kr (coeficiente de redução de evaporação do solo), Ke (coeficiente de evaporação), E (evaporação), DPe (perca por percolação profunda), De (quantidade de evaporação acumulada) e K_c (coeficiente de cultura) (Figura 18). Os resultados em forma de texto são apresentados com até 14 casas decimais (precisão do software).

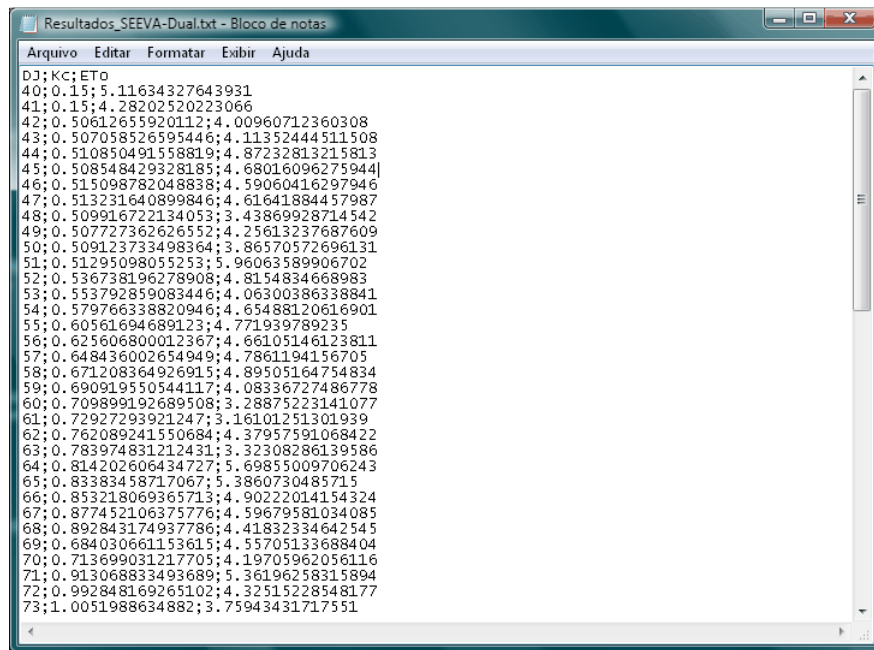


Figura 17 - Resultados simples na forma de texto

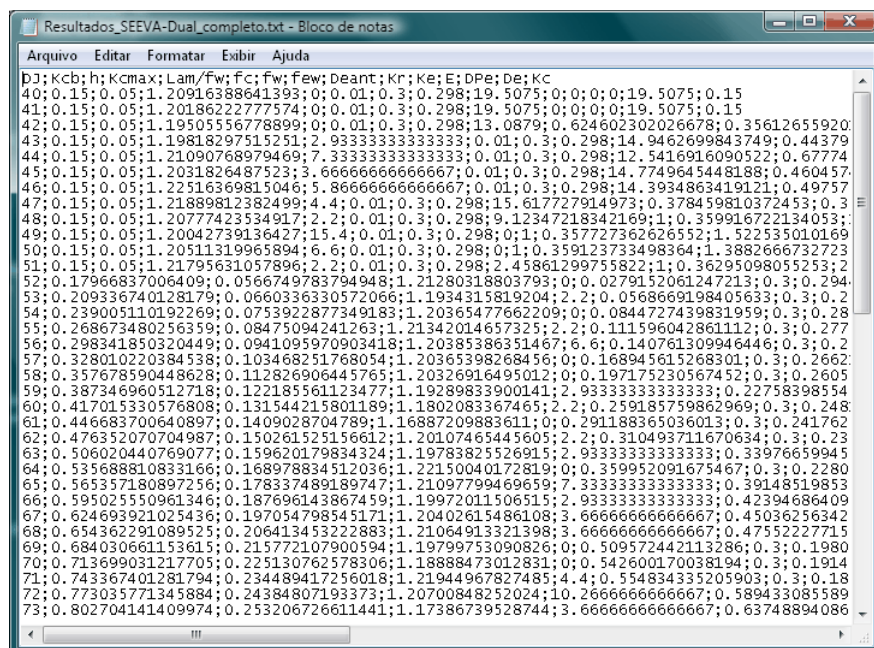


Figura 18 - Resultados completos na forma de texto

Os valores dos resultados são separados por ponto-e-vírgula para facilitar o processo de importação para outros programas, como o Microsoft® Excel por exemplo.

Para visualizar os resultados na forma gráfica basta clicar no botão *Gráfico Single* ou *Gráfico Dual* para resultados da estimativa de Kc single e dual, respectivamente.

A visualização gráfica dos resultados da simulação do K_c single é mostrada numa janela que contém o gráfico da curva do K_c single e o gráfico da ET_o e da ET_c durante o ciclo da cultura. A tela apresenta também os valores do K_c inicial, médio e final e suas respectivas ET_c 's (Figura 19).

Na visualização gráfica do K_c dual, têm-se o gráfico da curva do K_c que contém o coeficiente de evaporação (K_e), o coeficiente basal de cultura (K_{cb}), o próprio K_c e o K_c ajustado (Figura 20). O cálculo do K_c ajustado é feito da seguinte forma: para o primeiro estágio é a média dos K_c 's do estágio 1, para o terceiro estágio é a média dos K_c 's do estágio 3, para o segundo estágio é feita uma interpolação com os valores do estágio 1 e 3, e para o quarto estágio utiliza-se o método dos mínimos quadrados para se obter uma reta que mais se aproxime dos pontos dos K_c 's do estágio 4. A tela apresenta ainda um gráfico com a ET_o e a ET_c durante o ciclo da cultura e os valores de K_c inicial, médio e final com suas respectivas ET_c 's. Os valores de K_c inicial, médio e final mostrados são oriundos do cálculo do K_c ajustado.

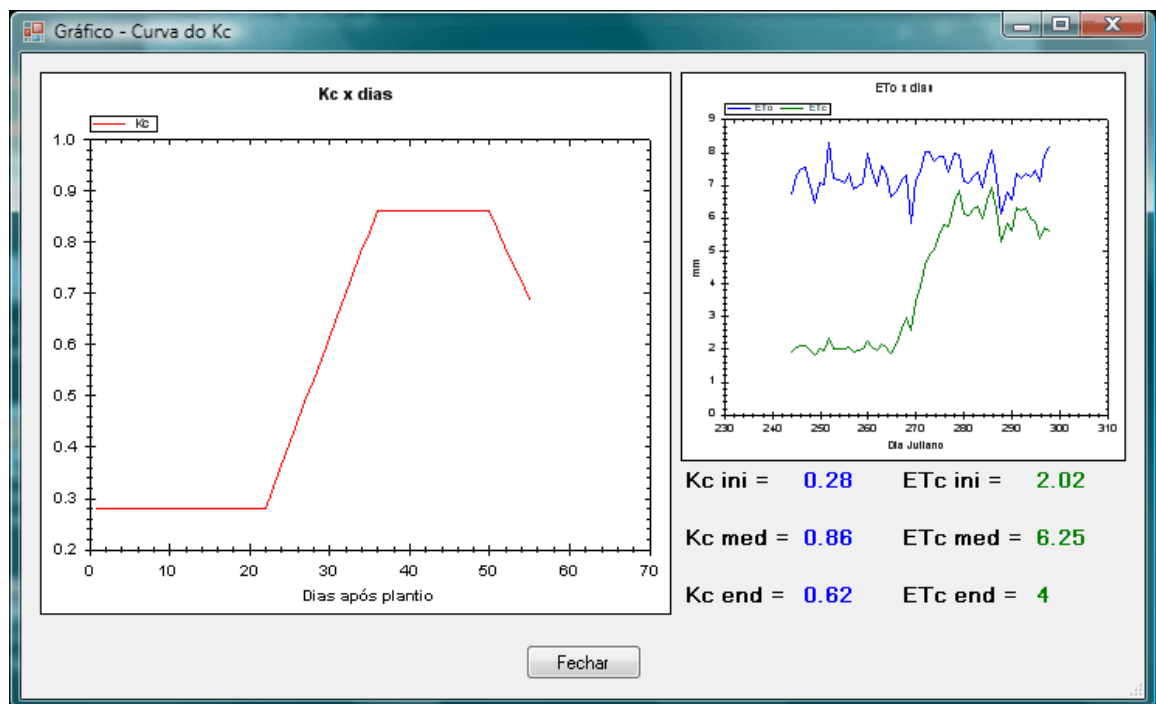


Figura 19 - Visualização gráfica dos resultados da simulação do K_c single

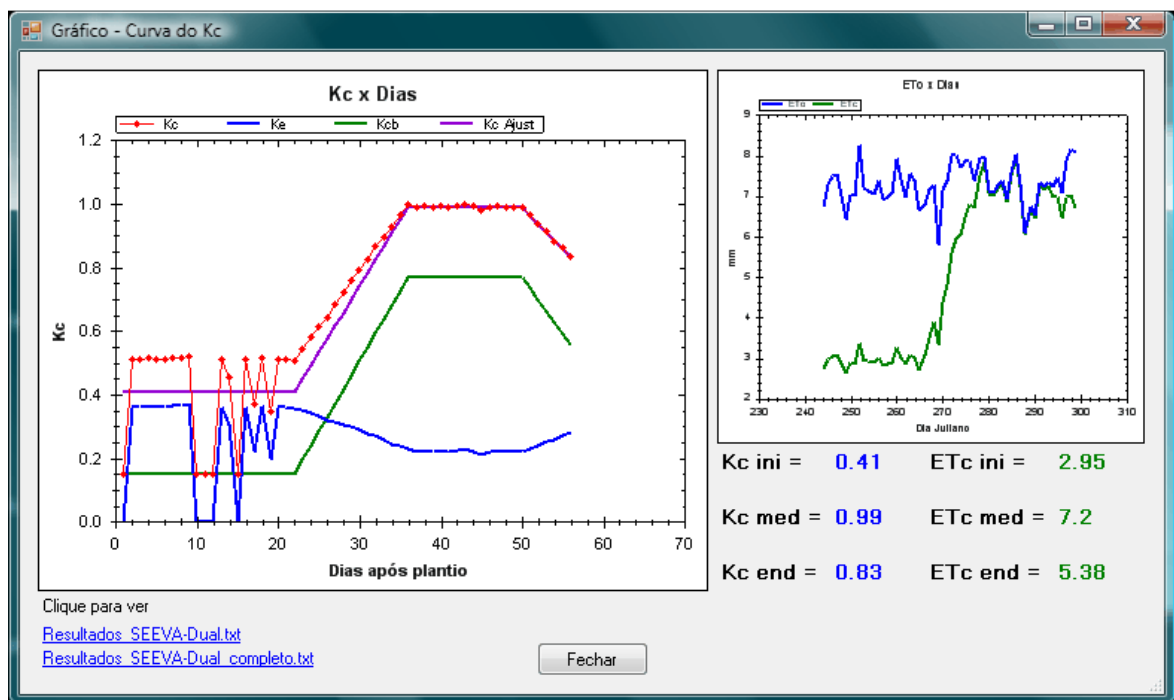


Figura 20 - Visualização gráfica dos resultados da simulação do Kc dual

O usuário pode alternar a visualização de qualquer gráfico em tela cheia e tamanho normal bastando clicar sobre ele (Figura 21).

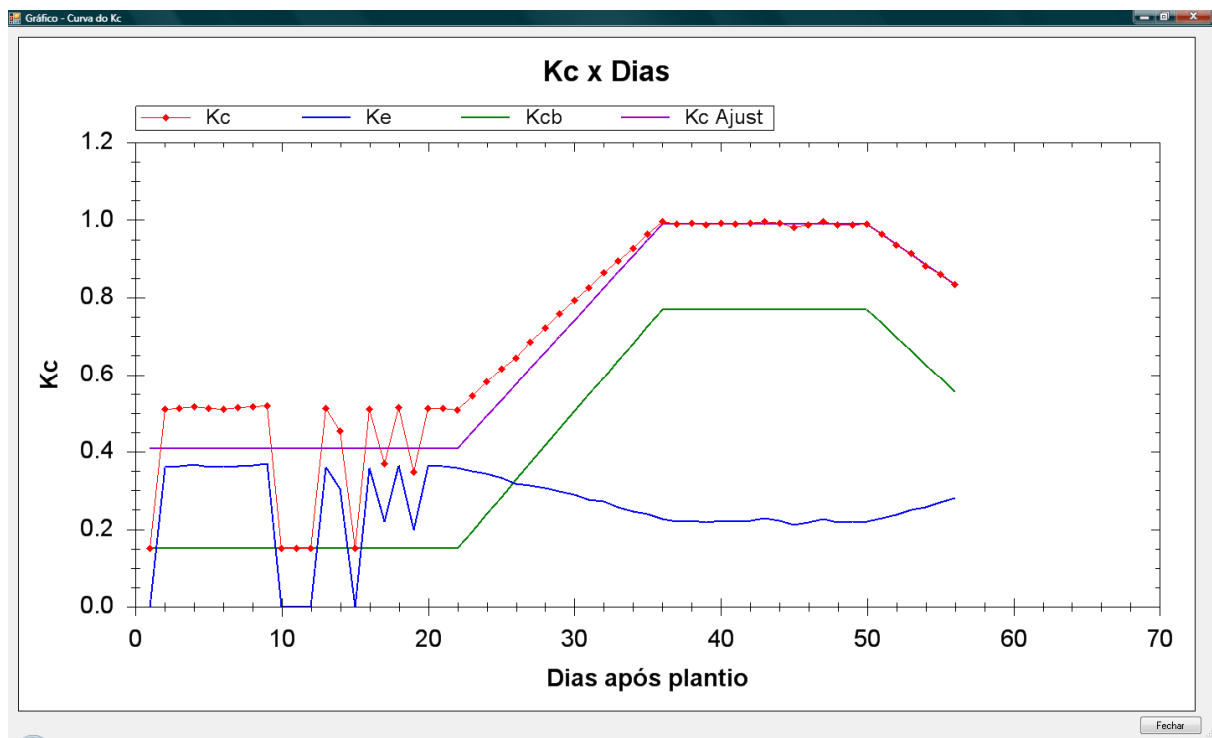


Figura 21 - Exibição do gráfico em tela cheia

4.1 APLICAÇÃO DO SOFTWARE

Para testar se a metodologia foi aplicada corretamente durante o desenvolvimento do software, alguns testes comparativos precisaram ser feitos. O software foi submetido a uma comparação com três metodologias diferentes: estimativa de K_c através de lisímetro, estimativa de K_c através de balanço hídrico e estimativa de K_c através da metodologia padrão da FAO.

Allen et al. (1998) apresenta uma planilha de cálculo do K_c utilizando a metodologia proposta neste trabalho. Observou-se que o coeficiente de determinação entre a planilha e o software foi de 0,9993, o que indica que o método foi corretamente aplicado no desenvolvimento do software (Figura 22).

Figueirêdo et al. (2009) estimou os valores de K_c de melancia sem mulch utilizando lisímetro. O coeficiente de determinação na comparação lisímetro e software foi de 0,7492, indicando que existe diferença entre os métodos na obtenção do K_c , porém a metodologia, e consequentemente o software, pode estimar com uma boa precisão os coeficientes de cultivo (Figura 23).

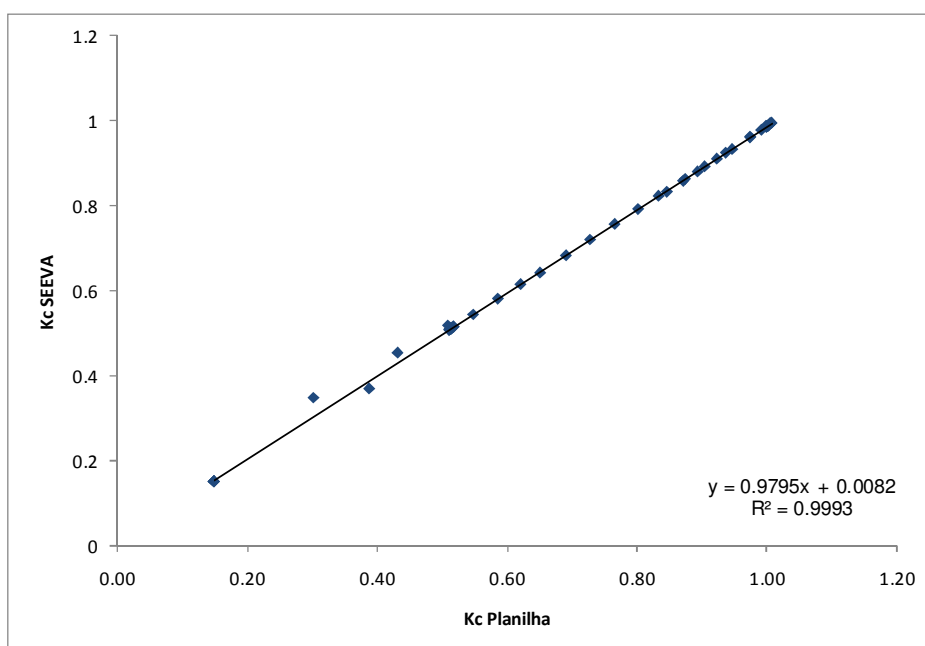


Figura 22 - Comparação Planilha x SEEVA

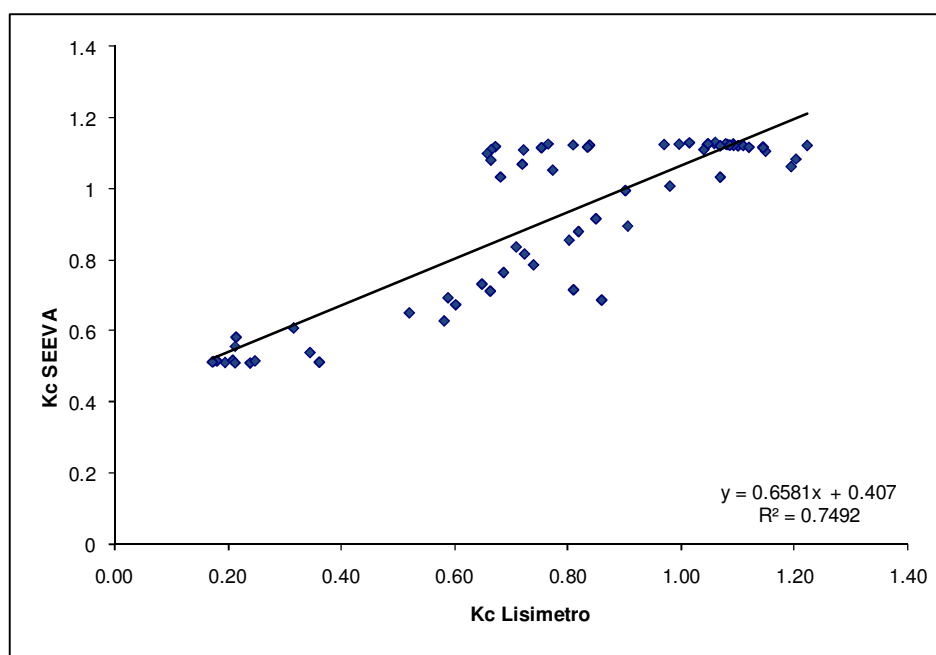


Figura 23 - Comparação Lisímetro x SEEVA

Comparou-se também os patamares do K_c inicial, K_c médio e K_c final com os patamares dos K_c 's obtidos por balanço hídrico. Verificou-se que o software subestima o K_c inicial e o K_c médio em aproximadamente 26% e 3% respectivamente e superestima o K_c final em aproximadamente 22%, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de K_c 's obtidos por balanço hídrico e pelo software

	K_c inicial	K_c médio	K_c final
SEEVA	0.25	0.86	0.62
Balanço	0.34	0.89	0.51
SEEVA/Balanço	0.7353	0.9663	1.2157

Os valores de K_c usados como comparação no balanço hídrico foram obtidos de um experimento que testou diferentes doses de adubação e eram coletados semanalmente. O intervalo de uma semana para se coletar os dados de K_c assim como as diferentes doses de adubação podem explicar parte da diferença observada na comparação do balanço hídrico com o software.

5 CONCLUSÃO

O SEEVA é uma ferramenta que auxilia no manejo da irrigação, estimando com boa precisão o coeficiente de cultivo que, aliado com a evapotranspiração de referência também estimada pelo software, resulta na evapotranspiração da cultura que pode ser utilizada para planejar com maior eficiência o uso da água na irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma, Itália: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper 56).
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma, Itália: FAO, 2006. 300p. (Irrigation and Drainage Paper 56).
- ALLEN, R.G. **Ref-ET**: reference evapotranspiration calculation software. University of Idaho research and extension Center, Kimberly, Idaho. 82p. 2000
- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.S.; An update for the calculation of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, New Delhi, v. 43, n. 2, p. 35-90, 1994.
- ALLEN, R.G.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O.; PEREIRA, L.S.; JENSEN, M.E. Water Requirements. In: HOFFMAN, J.H.; EVANS, R.G.; JENSEN, M.E.; MARTIN, D.L.; ELLIOT, R.R. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASABE, p. 207-288. 2007
- ASCE-EWRI. **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. American Society of Civil Engineers. 2005. 69p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma, Itália: FAO, 1977. 198p. (Irrigation and Drainage Paper 24).
- FAO. **Example of the use of Cropwat 8.0**. 75p. 2009.
- FIGUEIRÊDO, V.B.; MEDEIROS, J.F.; ZOCOLER, J.L.; ESPINOLA SOBRINHO, J. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.231-240. 2009.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Estimation of potential evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Division**. ASCE, Nova Iorque v.108., n.3, p.225-230. 1982.
- JENSEN, M.E.; HAISE, H.R.E. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation and Drainage Division**. ASCE, v.89, p.15-41, 1963
- LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, v.18, p.409-424, 1977.
- LÓPEZ-URREA, R.; MARTÍN DE SANTA OLALLA, F.; FABEIRO, C.; MORATALLA, A. An evaluation of two hourly reference evapotranspiration equations for semiarid conditions. **Agricultural Water Management**. v.86, p.277-282. 2006
- PEREIRA, L.S.; **Necessidades de água e métodos de rega**. Lisboa: Publicações Europa-América, 2004. 312 p.

PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Washington, v.100, p.81-92, 1972.

RAES, D. **The ETo calculator**: evapotranspiration from a reference surface. Roma, Itália. 2009.

ROLIM, J.; GODINHO, P.; SEQUEIRA, B.; ROSA, R.; PAREDES, P.; PEREIRA, L.S. **SIMDualKc, a software tool for water balance simulation based on dual crop coefficient**. Flórida, EUA: ASABE, 2006

SMITH, M. **CropWat**: a computer program for irrigation planning and management. Roma, Itália; FAO, 1992. 127p. (Irrigation and Drainage Paper 46).

VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V.P.; ANDRE, R.G.B. The Priestley-Taylor parameter α for the Amazon forest. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v.38, p.211-225, 1991.

APÊNDICE

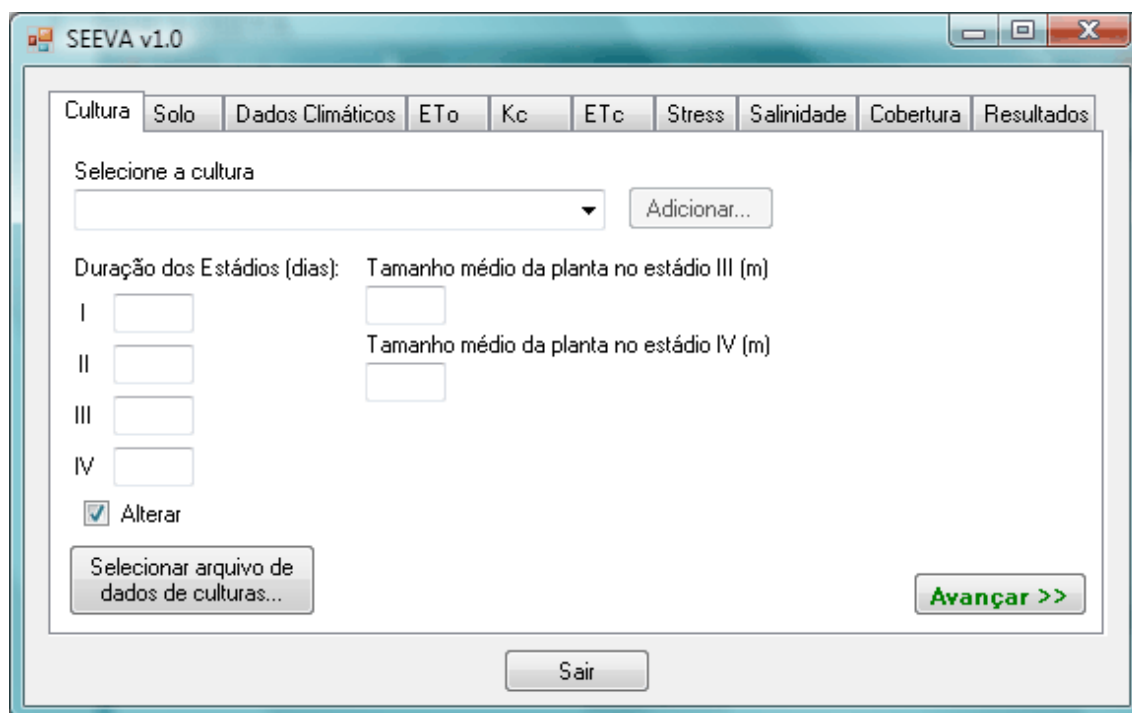
Manual de utilização do SEEVA

O SEEVA trabalha com arquivos XML. É desses arquivos que são retirados os dados de culturas, climatológicos e de irrigação. Veja mais a frente como manipular arquivos XML utilizando o Excel para serem utilizados no SEEVA.

A navegação do SEEVA é feita pelas abas de navegação. Através delas que o usuário pode ir avançando na entrada de dados do programa, passando de cultura para solo depois para dados climatológicos, até chegar à aba Resultados onde se poderá visualizar os resultados após os cálculos feitos pelo SEEVA.

Vamos a um exemplo que irá demonstrar toda a utilização do programa.

1. Inicie o SEEVA.



2. Selecione um arquivo XML com os dados de culturas
3. Altere, se necessário as durações dos 4 estádios de desenvolvimento da cultura
4. Digite sua altura média no 3º e 4º estágio
5. Clique em avançar

SEEVA v1.0

Cultura Solo Dados Climáticos ET_o K_c ET_c Stress Salinidade Cobertura Resultados

Seleção a cultura **Arquivo Selecionado!**

Alfalfa Hay - averaged cutting effects Adicionar...

Duração dos Estádios (dias): Tamanho médio da planta no estágio III (m)

I 10 4

II 20

III 20

IV 10

Alterar

Selecionar arquivo de dados de culturas... 2

Avançar >> 5

Sair

6. Na aba Solo, digite a porcentagem de areia e argila do solo
7. Digite a capacidade de campo e o ponto de murcha do solo (em cm^3 por cm^3)
8. Digite a porcentagem de escoamento do solo
9. Clique em avançar

SEEVA v1.0

Cultura Solo Dados Climáticos ET_o K_c ET_c Stress Salinidade Cobertura Resultados

☒ Detalhado ☐ Sem detalhes

Textura:

☐ Leve

☐ Média

☐ Pesada

Areia 66.5 % 6

Argila 15.37 %

CC .18 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ 7

PM .0999 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

% escoamento

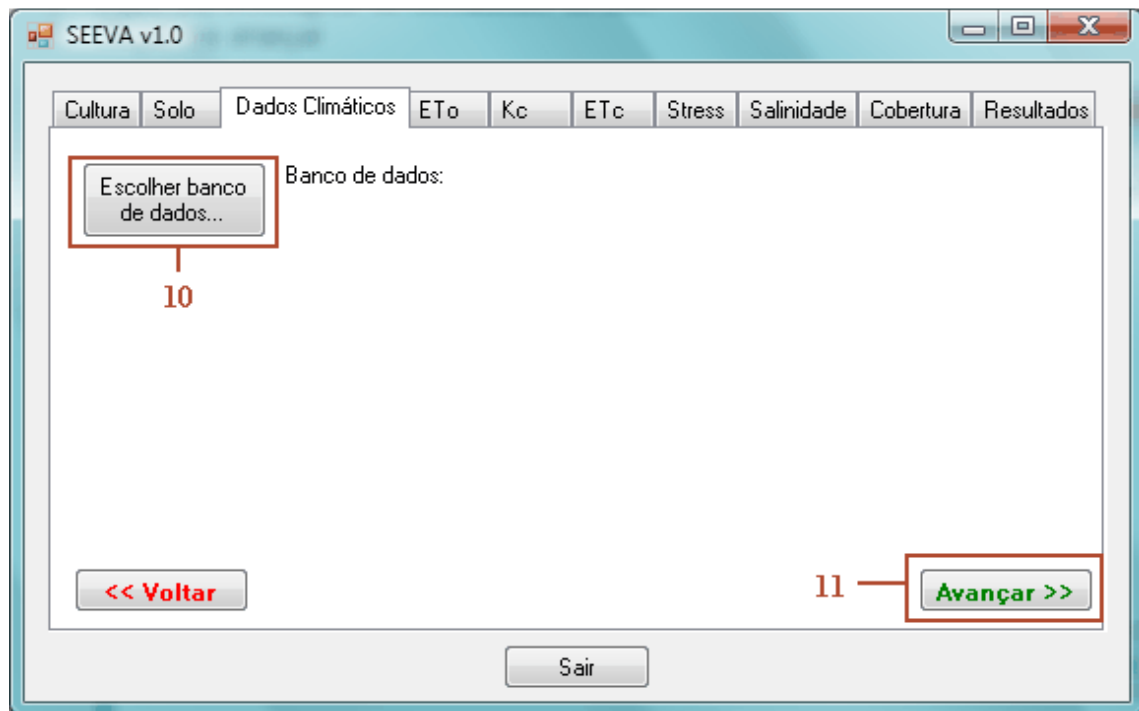
0 8

<< Voltar

Avançar >> 9

Sair

10. Escolha o arquivo XML que se encontra os dados climatológicos
11. Clique em avançar



12. Escolha Single Kc ou Dual Kc, clicando em um dos botões



Para Single Kc:

1. Digite a lâmina aplicada no dia do plantio (em mm)
2. Digite a média das lâminas a serem aplicadas durante todo o 1º estágio
3. Digite o número de irrigações a serem feitas durante todo o 1º estágio.
4. Escolha a data do plantio
5. Escolha o tipo de irrigação
6. Escolha o fator de molhamento para o tipo de irrigação adotado
7. Clique em calcular

SEEVA v1.0

Cultura Solo Dados Climáticos ET₀ Kc ET_c Stress Salinidade Cobertura Resultados

Single Kc

Kc inicial

Lâmina no dia do plantio (mm): 8.8

Lâmina a ser aplicada (mm): 8

Num. irrigações na fase 1: 21

Plantio: 01/01/2006

Sistema de Irrigação: Gotejamento

Fração da área molhada (fw): 0.3

<< Voltar

Calcular >>

Sair

Dual Kc

Irrigação

Carregar dados...

Criar dados...

Dados indisponíveis

Para Dual Kc:

1. Clique em Carregar dados... e escolha o arquivo XML de irrigação
 - a. Se ainda não tiver criado esse arquivo, clique em Criar dados...

The screenshot shows the SEEVA v1.0 software interface. The 'Kc' tab is selected, displaying two main sections: 'Single Kc' and 'Dual Kc'. The 'Single Kc' section includes input fields for 'Kc inicial', 'Lâmina no dia do plantio (mm)', 'Lâmina a ser aplicada (mm)', and 'Num. irrigações na fase 1:'. The 'Dual Kc' section includes an 'Irrigação' section with buttons 'Carregar dados...' and 'Criar dados...', and a red text label 'Dados indisponíveis'. Below these sections are fields for 'Plantio:' (01/01/2006) and 'Sistema de Irrigação:'. At the bottom are buttons for '<< Voltar', 'Calcular >>', and 'Sair'.

SEEVA v1.0

Cultura Solo Dados Climáticos ETo Kc ETc Stress Salinidade Cobertura Resultados

Single Kc

Kc inicial

Lâmina no dia do plantio (mm):

Lâmina a ser aplicada (mm):

Num. irrigações na fase 1:

Dual Kc

Irrigação

Carregar dados...

Criar dados...

Dados indisponíveis

Plantio: 01/01/2006

Sistema de Irrigação:

<< Voltar

Calcular >>

Sair

- Insira na tabela que irá aparecer, os dados de irrigação dia-a-dia até o fim do ciclo da cultura. Deseja-se repetir a irrigação do dia anterior, marque a caixa de seleção do dia seguinte
- Clique em Gravar & Carregar

Dados de Irrigação

Duração do ciclo da cultura: 60

	Dia	Lâmina (mm)
☐	1	8
☒	2	8
☒	3	8
☐	4	
☐	5	5.5
☒	6	5.5
☒	7	5.5
☐	8	7
☒	9	7
☒	10	7
☒	11	7
☐	12	
☐	13	8
☒	14	8

Gravar & Carregar

- d. Insira o nome do arquivo XML (o arquivo será gravado na pasta em que o programa está instalado)

Salvar

Nome do Arquivo

Irigacao_aspargo.xml

OK

- e. Uma mensagem dizendo que a tabela foi gravada com êxito deve aparecer

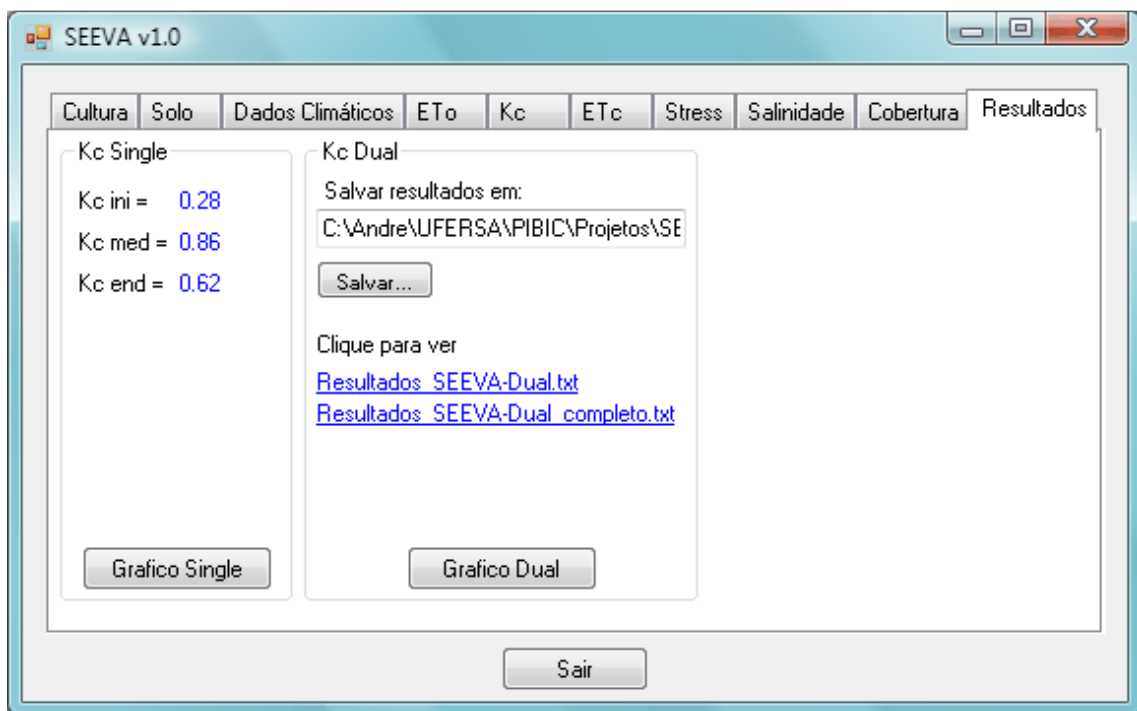
Tabela Irigacao_aspargo gravada com êxito.

OK

2. Escolha a data do plantio
3. Escolha o tipo de irrigação
4. Escolha o fator de molhamento para o tipo de irrigação adotado
5. Clique em calcular

The screenshot shows the SEEVA v1.0 software window. The 'Kc' tab is selected, displaying two sub-tabs: 'Single Kc' and 'Dual Kc'. The 'Single Kc' sub-tab is active, showing input fields for 'Kc inicial', 'Lâmina no dia do plantio (mm)', 'Lâmina a ser aplicada (mm)', and 'Num. irrigações na fase 1:'. The 'Dual Kc' sub-tab shows an 'Irrigação' section with buttons for 'Carregar dados...' and 'Criar dados...', and a file name 'Irigacao_aspargo.xml'. Below these, there are three input fields: 'Plantio:' with the date '01/01/2006', 'Sistema de Irrigação:' with the dropdown 'Gotejamento', and 'Fração da área molhada (fw):' with the value '0.3'. Red arrows and numbers 2, 3, 4, and 5 point to these fields respectively. At the bottom right, there is a green 'Calcular >>' button. A red '<< Voltar' button is at the bottom left. A 'Sair' button is at the bottom center. The top menu bar includes 'Cultura', 'Solo', 'Dados Climáticos', 'ETo', 'Kc', 'ETc', 'Stress', 'Salinidade', 'Cobertura', and 'Resultados'.

O programa automaticamente irá selecionar a aba Resultados.

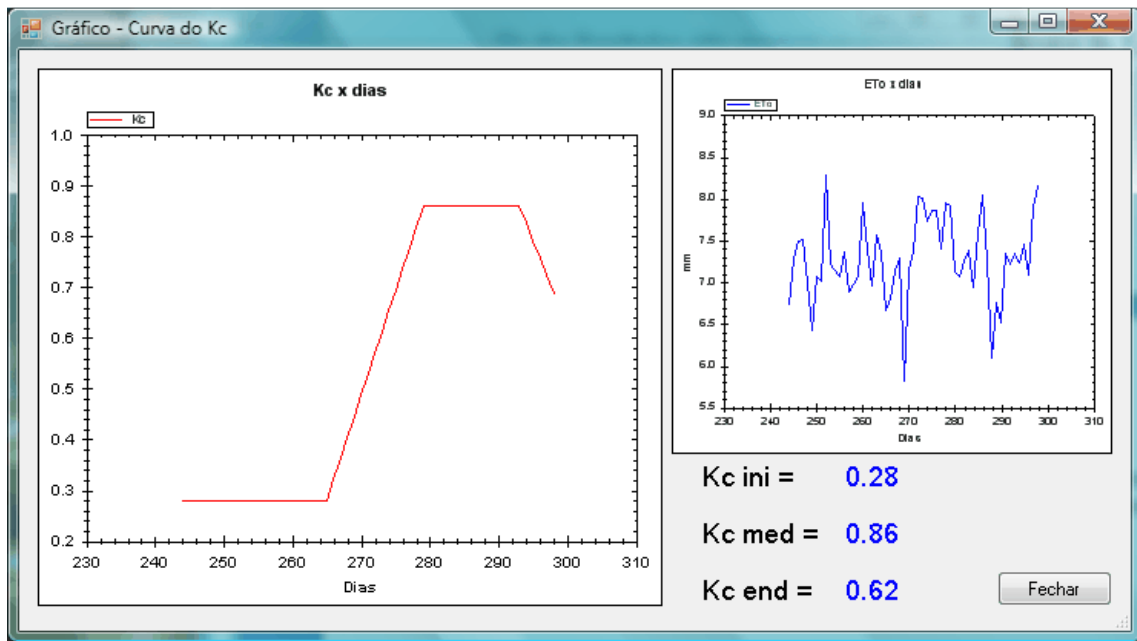


Na aba Resultados, irão aparecer os resultados dos cálculos do Kc Single e do Kc Dual, se o usuário tiver escolhido o Single Kc ou o Dual Kc na aba Kc, respectivamente.

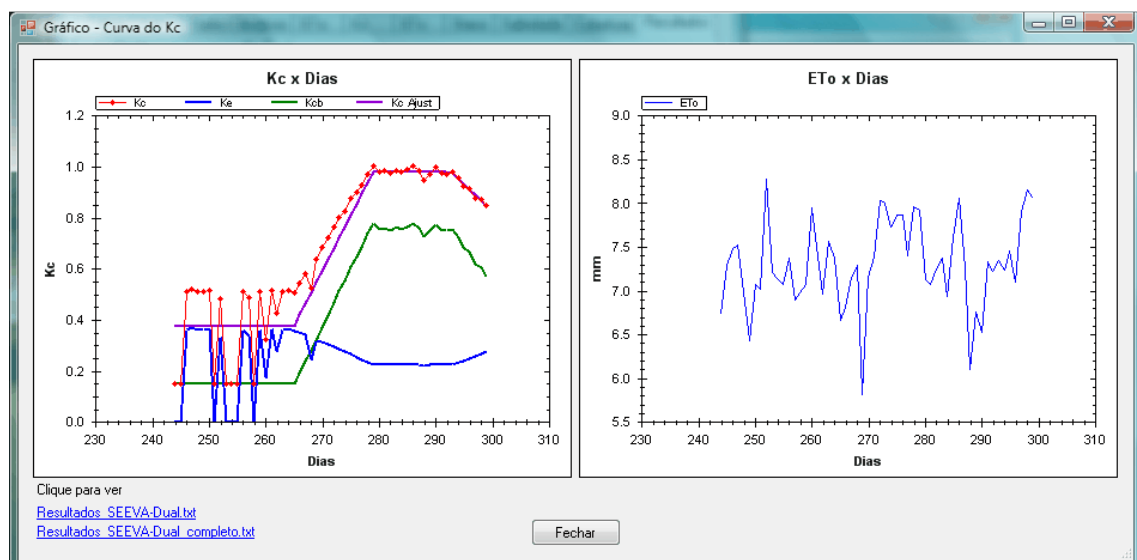
Existe uma caixa de texto onde o usuário pode escolher o local onde serão salvos os resultados em forma de texto. O caminho padrão é o diretório onde o software está instalado. Para alterar o local, basta clicar no botão Salvar...

Para visualizar o gráfico, basta clicar no botão correspondente (Gráfico Single ou Gráfico Dual) e uma nova janela aparecerá com o gráfico correspondente e com os resultados na forma de texto.

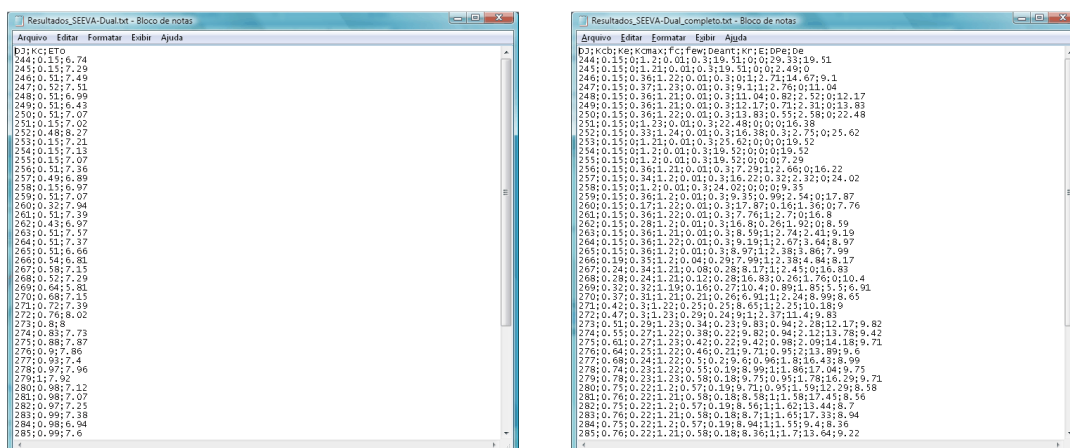
Os gráficos podem ser salvos como figura (JPEG), basta clicar no gráfico com o botão direito do mouse e, em seguida, clicar em *Save Image as...* e escolher o local onde será guardada as figuras. Isto é muito útil quando se deseja apresentar os gráficos em trabalhos ou apresentações.



No caso do Dual Kc, para a visualização dos resultados em forma de texto, deve-se clicar em *Resultados_SEEVA-Dual.txt* para visualizar resultados resumidos: Dia do ciclo, Kc e ETo e em *Resultados_SEEVA-Dua_completo.txt* para visualizar todos os dados: Dia do ciclo, Kcb, Ke, Kcmax, fc, few, Deant, Kr, E, DPe e De. Esses arquivos de texto são salvos no diretório especificado pela caixa de texto da aba de Resultados.



Cada dado (campo) do arquivo de resultados é separado por ponto e vírgula. Desta maneira, os dados podem ser transferidos para uma planilha do Excel para elaboração de gráficos e/ou manipulação dos dados.



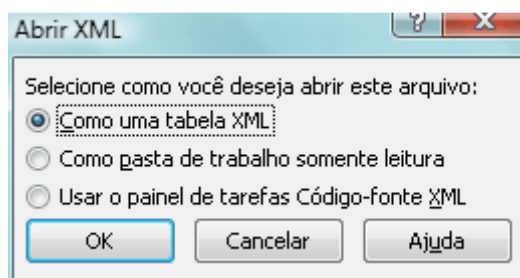
Manipulando dados XML no Excel

1. Modificação do arquivo Culturas.xml

Um banco de dados de culturas e seus respectivos dados (duração dos estádios, Kc inicial, médio e final tabelados, etc) elaborado pela FAO está no mesmo diretório que o programa. Ele está no arquivo Culturas.xml.

Caso não exista no banco de dados uma cultura específica ou se queira alterar os dados de duração dos estádios por exemplo, pode-se facilmente editar o arquivo Culturas.xml com o Excel ou outro programa que manipule arquivos XML, e adicionar novos registros ou alterar os já existentes. Aqui, mostraremos um tutorial de como fazer inclusões/alterações utilizando o Excel 2007.

- Abra o Excel
- Já no Excel, abra o arquivo Culturas.xml
- O Excel poderá perguntar como você deseja abrir esse arquivo. Responda *Como uma tabela XML*



- O Excel deverá mostrar o arquivo de forma semelhante a esta:

ID	Cultura	KcIni	KcMed	KcEnd	Lini	Ldev	Lmed	Llate	h	Kcb_ini	Kcb_mid	Kcb_end
100	Alfalfa Hay – averaged cutting effects	0.4	0.9514	0.9	10	20	20	10	0			
102	Alfalfa Hay–for seed	0.4	0.5	0.5	10	20	20	10	0	0.3	0.45	0.45
101	Alfalfa Hay–individual cutting periods	0.4015	1.2015	1.1515	10	20	20	10	0	0.3	1.15	1.1
130	Almonds, no ground cover	0.4	0.9	0.6519	0					0	0.2	0.85
131	Apples, Cherries, Pears20	0.4	0.9	0.6519	0					0		
134	Apples, Cherries, Pears20 - active ground cover, killing frost	0.5	1.2	0.9519	0					0	0.45	1.15
135	Apples, Cherries, Pears20 - active ground cover, no frosts	0.8	1.2	0.8519	0					0	0.75	1.15
132	Apples, Cherries, Pears20 - no ground cover, killing frost	0.45	0.95	0.7019	0					0	0.35	0.9
133	Apples, Cherries, Pears20 - no ground cover, no frosts	0.6	0.95	0.7519	0					0	0.5	0.9
136	Apricots, Peaches, Stone Fruit20,21	0.8	1.2	0.8519	0					0		
139	Apricots, Peaches, Stone Fruit20,21 - active ground cover, killing frost	0.5	1.15	0.9019	0					0	0.45	1.1
140	Apricots, Peaches, Stone Fruit20,21 - active ground cover, no frosts	0.8	1.15	0.8519	0					0	0.75	1.1
137	Apricots, Peaches, Stone Fruit20,21 - no ground cover, killing frost	0.45	0.9	0.6519	0					0	0.35	0.85
138	Apricots, Peaches, Stone Fruit20,21 - no ground cover, no frosts	0.55	0.9	0.6519	0					0	0.45	0.85
70	Artichokes	0.5	1	0.95	40	40	250	30	0	0.15	0.95	0.9
71	Asparagus	0.5	0.957	0.3	50	30	100	50	0.15	0.15	0.9	0.2
141	Avocado, no ground cover	0.6	0.85	0.75	0					0	0.5	0.8
114	Banana–1st year	0.5	1.1	1	120	90	120	60	0	0.15	1.05	0.9
115	Banana–2nd year	1	1.2	1.1	120	60	100	5	0	0.6	1.1	1.05
90	Barley	0.3	1.15	0.25	15	25	50	30	0	0.15	1.1	0.15
59	Beans, dry and Pulses	0.4	1.152	0.35	20	30	40	20	0	0.15	1.1	0.25
58	Beans, green	0.5	1.052	0.9	20	30	30	10	0	0.15	1	0.8
50	Beets, table	0.5	1.05	0.95	15	25	20	10	0	0.15	0.95	0.85
103	Bermuda hay – averaged cutting effects	0.55	1.0014	0.85	10	25	35	35	0	0.5	0.95	0.8
104	Bermuda hay – Spring crop for seed	0.35	0.9	0.65	10	25	35	35	0	0.15	0.85	0.6
126	Berries (bushes)	0.3	1.05	0.5	0					0	0.2	1
27	Broccoli	0.7	1.05	0.95	35	45	40	15	0	0.15	0.95	0.85
28	Brussel Sprouts	0.7	1.05	0.95	0					0	0.15	0.95
29	Cabbage	0.7	1.05	0.95	40	60	50	15	0	0.15	0.95	0.85
116	Cacao	1	1.05	1.05	0					0	0.9	1
43	Cantaloupe	0.5	0.85	0.6	30	45	35	10	0	0.15	0.75	0.5

A primeira linha contém o nome do campo:

ID – Código de identificação da cultura

Cultura – Nome da Cultura

KcIni, KcMed, KcEnd – Kc inicial, médio e final tabelados

Lini, Ldev, Lmed, Llate – Duração do 1º, 2º, 3º e 4º estádios

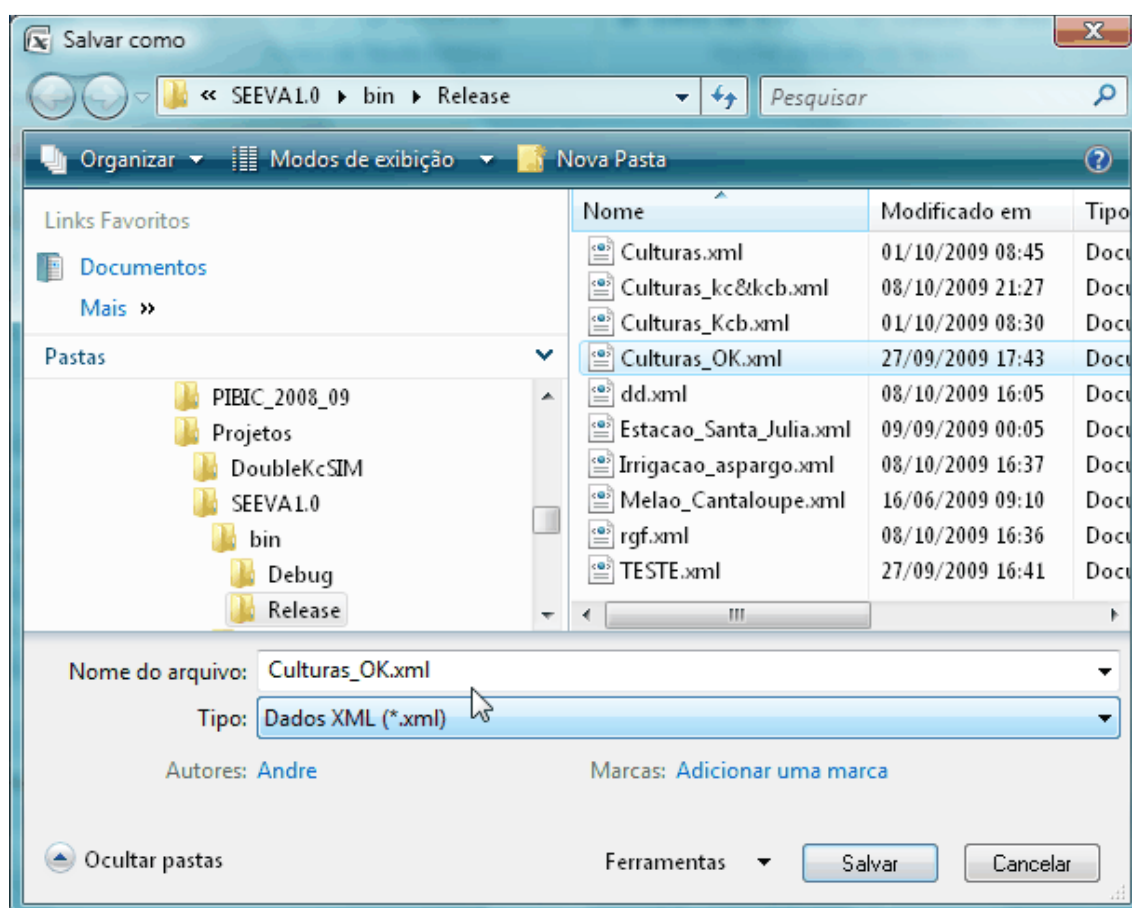
h – altura media da planta no fim do ciclo

Kcb_ini, Kcb_med, Kcb_end - Kc basal inicial, médio e final tabelados

Você pode alterar qualquer valor que necessitar, bastando selecionar a célula e digitar o novo valor.

Para criar um novo registro (inserir uma nova cultura), é só inserir todos os dados após a última cultura mostrada pela tabela. Todos os campos devem ser preenchidos, com exceção do campo **ID** que pode ser deixado em branco.

- Após as modificações, clique em salvar
- Na janela que se abrirá, escolha a opção *Dados XML* em tipo de arquivo. O nome do arquivo pode ser o mesmo, mas é aconselhável que se altere o nome do arquivo para sempre se ter uma cópia do arquivo Culturas.xml original.



- Clique em Salvar
- O Excel exibirá um aviso dizendo que alguns recursos como formatação serão perdidos. Isso é normal. Clique em continuar
- A novo arquivo XML foi salvo e você poderá utilizá-lo no SEEVA.

2. Criação do arquivo de dados climatológicos

Para se fazer a simulação do K_c , é necessário que se tenha dados climatológicos completos, pois a metodologia utilizada é a FAO Penman-Monteith. Os dados necessários são:

Ano

Dia Juliano – Dia do ano de 1 a 365 (ou 366 se for ano bissexto)

Temperatura máxima, °C

Temperatura mínima, °C

Temperatura média, °C

Umidade Relativa máxima, %

Umidade Relativa mínima, %

Umidade Relativa média, %

Velocidade do vento a 2 m de altura, m s^{-1}

Pressão, mmHg

Radiação, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$

Insolação, h

Precipitação, mm

Altitude da estação climatológica, m

Latitude da estação climatológica, °

Longitude da estação climatológica, °

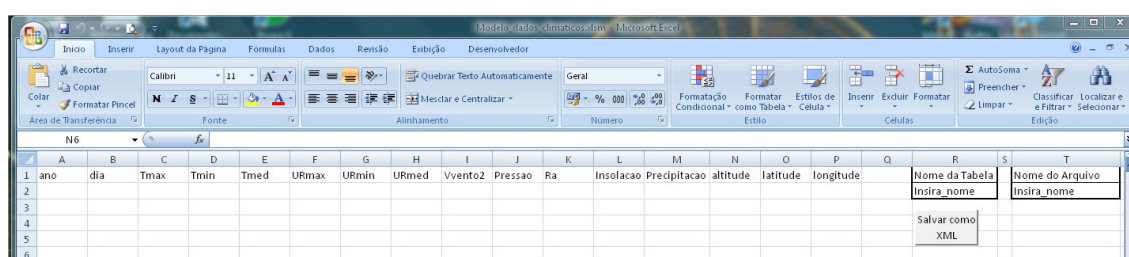
Deve-se criar uma tabela no Excel com esses campos. Abaixo, uma relação dos nomes dos campos que deve ser obedecida, será mostrada. Deve-se obedecer inclusive a capitalização dos nomes dos campos (obedecer maiúsculas e minúsculas).

Descrição do campo	Nome do campo
Ano	ano
Dia Juliano	dia
Temperatura máxima	Tmax
Temperatura mínima	Tmin
Temperatura média	Tmed
Umidade Relativa máxima	URmax

Umidade Relativa mínima	URmin
Umidade Relativa média	URmed
Velocidade do vento a 2 m de altura	Vvento2
Pressão	Pressao
Radiação	Ra
Insolação	Insolacao
Precipitação	Precipitacao
Altitude da estação climatológica	altitude
Latitude da estação climatológica	latitude
Longitude da estação climatológica	longitude

Mostraremos um tutorial de como fazer essa tabela no Excel 2007.

- Na pasta onde o SEEVA está instalado, existe um arquivo chamado *Modelo_dados_climaticos.xlsm*. Abra esse arquivo. É uma planilha que contém um macro do Excel que faz a conversão de planilhas para arquivos XML.
- A planilha já vem pronta, com todos os campos criados, bastando somente os dados serem inseridos.



- Importe os dados de sua estação climatológica de modo que cada dado fique em seu respectivo campo. Geralmente os arquivos oriundos das estações climatológicas são separados por ponto e vírgula, ficando fácil de ser importados pro Excel.
- Os campos *altitude*, *latitude* e *longitude* só deve ser preenchido uma única vez, na primeira linha da tabela. As linhas seguintes (inferiores) poderão ficar vazias (em branco).

OBS.: Como não existe um padrão de saída de dados de estações climatológicas, seus dados muito provavelmente não se apresentarão dessa forma, com estas unidades. Deve-se obedecer as unidades aqui descritas para cada campo da tabela. Caso seja necessário fazer alguma correção de unidade, conversão de data para dia Juliano, ou algo do gênero, elas devem ser feitas antes e após todos os dados estiverem da forma aqui descrita, pode-se passar para a tabela.

- Após a importação dos dados, deve-se preencher 2 células da planilha. A célula R2 e a T2. Preencha a R2 com o nome da tabela (é esse nome que irá aparecer quando o arquivo for carregado no software), por exemplo, *Mossoró*. Preencha a T2 com o nome do arquivo. O arquivo XML será salvo no mesmo diretório onde está a planilha.
- Clique no botão *Salvar como XML...*

Q	R	S
	Nome da Tabela	Nome
	Insira_nome	Insira
	Salvar como XML	

- Salve com um nome fácil de identificar o arquivo, como por exemplo, *Estacao_Fazenda_Mossoro*. Dê preferência em salvar na mesma pasta em que o programa está instalado, pois esse é o diretório padrão que o programa irá procurar.